



REPUBLIKA E SHQIPËRISË
UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI I TEKNOLOGJISË SË INFORMACIONIT
DEPARTAMENTI I INXHINIERISË INFORMATIKE

ENIDA SHEME

**PËR MARRJEN E GRADËS
“DOKTOR”**

**NË: “TEKNOLOGJITË E INFORMACIONIT DHE KOMUNIKIMIT”
DREJTIMI “INXHINIERI INFORMATIKE”**

DISERTACION

**OPTIMIZIMI I EFIÇENCËS ENERGHJITIKE NË QENDRAT E TË DHËNAVE
DUKE PËRDORUR ENERGHJITË E RINOVUESHME**

**Udhëheqës shkencor
Akademik NEKI FRASHËRI**

Tiranë, 2016

OPTIMIZIMI I EFIÇENCËS ENERGJITIKE NË QENDRAT E TË DHËNAVE
DUKE PËRDORUR ENERGJITË E RINOVUESHME

Disertacioni
i paraqitur në Universitetin Politeknik të Tiranës
për marrjen e gradës
“Doktor”
në:
“Teknologjitë e Informacionit dhe Komunikimit”
Drejtimi “Inxhinieri Informatike”

Nga

Znj. Enida SHEME
2016

Disertacioni i shkruar nga
Znj. Enida SHEME

M.S., Universiteti Politeknik i Tiranës, Tiranë, 2011

B.S., Universiteti Politeknik i Tiranës, Tiranë, 2006

Juria:

_____, Kryetar, Komiteti i disertacioneve të doktoraturave
_____, Anëtar, Komiteti i disertacioneve të doktoraturave
_____, Anëtar, Komiteti i disertacioneve të doktoraturave
_____, Anëtar, Komiteti i disertacioneve të doktoraturave
_____, Anëtar, Komiteti i disertacioneve të doktoraturave

Miratuar nga

_____, Dekani, Fakulteti i Teknologjisë së Informacionit

Miratuar nga

_____, Rektori, Universiteti Politeknik i Tiranës
_____, Këshilli i Profesorëve FTI

TABELA E PËRMBAJTJES

LISTA E FIGURAVE.....	VIII
LISTA E TABELAVE.....	XII
MIRËNJOHJE.....	XII
KAPITULLI 1 HYRJE.....	1
1.1 Motivimi	1
1.2 Kontributet e këtij punimi.....	4
1.3 Struktura e disertacionit.....	6
KAPITULLI 2 NJOHURI MBI EFIÇENCËN ENER GjITIKE	7
2.1 Hyrje	8
2.1.1 Konsumi i fuqisë apo konsumi i energjisë.....	12
2.2 Pasojat e konsumit të lartë të fuqisë.....	13
2.2.1 Kosto e punës për një Datacenter.....	13
2.2.2 Rreziku real i mbinxehjes së serverave.....	14
2.2.3 Ndotja e mjedisit	17
2.3 Zgjidhje për efiçencën energjitike	21
2.3.1 Zgjidhjet e ofruara.....	22
2.3.2 Sfidat aktuale dhe tendencat e kërkimit shkencor.....	27
2.4 Zgjidhjet për qëndrueshmëri afatgjatë.....	28
2.4.1 Përdorimi i energjisësë rinovueshme	28
2.4.2 Sfidat aktuale dhe tendencat e kërkimit shkencor.....	32

2.5 Standarte ndërkombëtare të “Green IT”	35
2.6 Përmbledhje.....	39
KAPITULLI 3 PUNIME TË NGJASHME	41
3.1 Green Datacenter	41
3.2 Furnizimi i Datacenter me energji të rinovueshme.....	46
3.3 Karakterizimi i ngarkesës së punës.....	52
3.4 Power capping.....	55
3.5 Përmbledhje	57
KAPITULLI 4 METODOLOGJIA E PUNËS.....	58
4.1 Përshkrim i ambientit të punës.....	58
4.2 Datacenter	60
4.3 Ngarkesa e punës	60
4.4 Konsumi energjistik.....	72
4.5 Energjia e rinovueshme.....	72
4.6 Përqindja Minimale e Furnizimit.....	77
4.7 Përmbledhje	81
KAPITULLI 5 KONCEPTIMI DHE IMPLEMENTIMI I ALGORITMAVE RISI.....	82
5.1 Simulatori CloudSim	82
5.1.1 Arkitektura e CloudSim	84
5.1.2 Pse CloudSim.....	86
5.1.3 Diagrama e rrjedhës në CloudSim	87

5.2 Skedulimi i ngarkesës së punëve	88
5.3 Skedulimi i burimeve energjitike.....	90
5.4 Përmbledhje	96
KAPITULLI 6 EKSPERIMENTE DHE REZULTATET.....	97
6.1 Algoritmi i skedulimit të punëve	98
6.2 Algoritmi i skedulimit të burimeve energjitike.....	104
6.3 Përmbledhje	110
KAPITULLI 7 PËRFUNDIMET	112
7.1 Puna në të ardhmen	113
REFERENCAT	115

LISTA E FIGURAVE

Figura 1: Emetimi i dioksidit të karbonit në Milion Ton për shkak të pajisjeve të TIK në nivel botëror	3
Figura 2.1: Përdorimi mesatar i procesorit për më shumë se 5,000 servera të Google përgjatë një periudhë 6-mujore.	10
Figura 2.2: Përqasja e përafrimit të fuqisë faktike të konsumuar me energjinë e nevojshme për përlllogaritjen e ngarkesës	10
Figura 2.3: Konsumi i fuqisë përbën deri në 50% të kostos totale të punës për një Datacenter	14
Figura 2.4: Varësia e fuqisë së konsumuar nga frekuenca e punës së procesorit.....	15
Figura 2.5: Lidhja mes rritjes së temperaturës dhe konsumit të fuqisë	16
Figura 2.6: Sasia globale e dioksidit të karbonit të emetuar në periudhën 1850 – 2011 dhe parashikimi deri në vitin 2030	18
Figura 2.7: Proçesi i riciklimit të E-Mbetjeve. Ndarja e tyre në komponentë të dëmshëm dhe të padëmshëm. 99.9% e Mërkurit riciklohet	19
Figura 2.8: Kompresimi dhe dekompresimi i të dhënave	20
Figura 2.9: Klasifikimi i teknikave të menaxhimit të fuqisë	23
Figura 3.1: Numri total i publikimeve për çdo vit në periudhën 2010 – 2013	43
Figura 3.2: Numri total i raporteve dhe artikujve për çdo vit, periudha 2010 – 2013	44
Figura 4.1: Përshkrim i përgjithshëm i faktorëve që shqyrtohen në këtë studim	59
Figura 4.2: Kohëzgjatja në sekonda për çdo punë të shkurtër, me Id nga 1 në 200 ...	62
Figura 4.3: Shpërndarja statistikore Poisson e kohëzgjatjes së punëve të shkurtra	63
Figura 4.4: Kohëzgjatja në sekonda për çdo punë të mesme, me Id nga 1 në 150	63
Figura 4.5: Shpërndarja statistikore Poisson e kohëzgjatjes së punëve të mesme.....	64
Figura 4.6: Kohëzgjatja në sekonda për çdo punë të gjatë, me Id nga 1 në 50.....	64
Figura 4.7: Shpërndarja statistikore Poisson e kohëzgjatjes së punëve të gjata	65
Figura 4.8: Afati i përfundimit të punëve të shkurtra, i shprehur në sekonda	66
Figura 4.9: Afati i përfundimit të punëve të mesme, i shprehur në sekonda	66
Figura 4.10: Afati i përfundimit të punëve të gjata, i shprehur në sekonda.....	67

Figura 4.11: Kërkesa për burime përlogaritëse nga punët e shkurtra, 100 punë kërkojnë mesatarisht 25% procesor dhe 100 punë kërkojnë mesatarisht 50% procesor. .	68
Figura 4.12: Kërkesa për burime përlogaritëse nga punët e mesme, 50 punë kërkojnë mesatarisht 25% procesor dhe 100 punë kërkojnë mesatarisht 50% procesor.	68
Figura 4.13: Kërkesa për burime përlogaritëse nga punët e gjata, 50 punët kërkojnë mesatarisht 80% procesor.	69
Figura 4.14: Mbërritja në kohë e punëve të shkurtra	70
Figura 4.15: Mbërritja në kohë e punëve të mesme.....	70
Figura 4.16: Mbërritja në kohë e punëve të gjata	71
Figura 4.17: Paraqitje krahasuese e kohës së mbërritjes së punëve, që përcakton dhe shpeshtësinë e ardhjes së tyre.....	71
Figura 4.18: Konsumi i energjisë për Datacenter sipas simulatorit	72
Figura 4.19: Rrezatimi diellor i disponueshëm në Tiranë: a) në një ditë vere të qartë, b) ditë dimri të qartë, c) ditë vere me re.....	75
Figura 4.20: Energjia mesatare e erës e prodhuar nga një turbinë ere gjatë një ditë tipike Shkurti dhe Gushti në Shqipëri	76
Figura 4.21: Vlerat e PMF për 9 skenarë simulimi, në muajt Maj, Dhjetor dhe mesatarja vjetore	78
Figura 4.22: Raporti i sasisë së burimeve energjitike për të arritur 25%, 50%, 75% dhe 100% të mbulimit të konsumit me energji të rinovueshme.....	80
Figura 5.1: Arkitektura e CloudSim.....	85
Figura 5.2: Diagrama e rrjedhës së simulatorit CloudSim.....	87
Figura 5.3: Në të majtë, kërkesa për energji e pasinkronizuar me energjinë diellore të disponueshme. Në të djathtë, pas aplikimit të algoritmit të skedulimit të ngarkesës së punës, synohet që konsumi energjistik t’i përafrohet formës së ofertës nga energjia diellore	89
Figura 5.4: Bllokskema për algoritmin e skedulimit të punëve	90
Figura 5.5: Bllokskema e algoritmit të burimeve energjitike	95

Figura 6.1: Koha e mbërritjes së punëve të shkurtra të mesme dhe të gjata, me ngjyrë të kuqe. Koha reale e ekzekutimit të tyre, shtyrë në kohësipas mundësisë së afatit të tyre dhe disponueshmërisë së energjisë së rinovueshme, me ngjyrë blu	99
Figura 6.2: Konsumi energjistik pa dhe me shtyrjen e punëve, ngarkesë e njëtrajtshme, energji diellore, ditë e kthjellët	100
Figura 6.3: Konsumi energjistik pa dhe me shtyrjen e punëve, ngarkesë e njëtrajtshme, energji diellore, ditë e vranët	101
Figura 6.4: Konsumi energjistik pa dhe me shtyrjen e punëve, ngarkesë e njëtrajtshme, energji e erës	101
Figura 6.5: Konsumi energjistik pa dhe me shtyrjen e punëve, ngarkesë jo e njëtrajtshme me 2 flukse, energji diellore, ditë e kthjellët	102
Figura 6.6: Konsumi energjistik krahasuar me energjinë e rinovueshme përdorur nga Datacenter gjatë 24 orëve të simulimit në CloudSim	105
Figura 6.7: Energjia e marrë nga rrjeti elektrik, paraqitur me blu, ku është aplikuar kufizimi dinamik i fuqisë, kundrejt konsumit energjistik të baterive, paraqitur me të kuqe, gjatë 24 orëve të simulimit në CloudSim	106
Figura 6.8: Konsumi energjistik i Datacenter me 100 servera	107
Figura 6.9: Krahasim i energjisë së marrë nga rrjeti elektrik në skemën 1 dhe 3....	108

LISTA E TABELAVE

Tabela 1: Krahasim i kostos dhe emetimit të dioksidit të karbonit të burimeve të energjisë	32
Tabela 2: Skema e klasifikimit të publikimeve në 2 fusha dhe 5 nën-fusha	42
Tabela 3: Numri total i publikimeve për çdo vit mbi eficientësinë energjetike në Datacenter	43
Tabela 4: Parametrat e konfigurimit të Datacenter për simulim.....	60
Tabela 5: Vlerat e prodhimit të energjisë diellore dhe të erës për një ditë tipike vere, dimri, të qarta, dhe ditë tipike me re, gjeneruar nga 1 m ² panel diellor dhe 1 turbine ere.....	76
Tabela 6: Vlera PMF për një ditë tipike vere dhe dimri, të qarta dhe ditë vere e vranët. Konsumi energjetik i Datacenter vlerësohet sipas 3 skenarëve të madhësisë së saj: 500, 1000 dhe 2000 hoste	79
Tabela 7: Vlera dhe përqindja e përdorimit të burimeve energjetike sipas skemës 3	106
Tabela 8: Vlera dhe përqindja e përdorimit të energjisë së rrjetit elektrik sipas 3 skemave eksperimentale të ilustruar numerikisht	108
Tabela 9: Vlera dhe përqindja e përdorimit të energjisë së rinovueshme sipas 3 skemave të skedulimit të burimeve energjetike	109
Tabela 10: Vlera dhe përqindja e përdorimit të energjisë prej baterive sipas 3 skemave të skedulimit të burimeve energjetike	109
Tabela 11: Përqindja e përdorimit të 3 burimeve energjetike sipas 3 skemave të skedulimit të tyre	111

MIRËNJOHJE

Mirënjohje për përfundimin e këtij disertacioni shkojnë së pari për udhëheqësin tim të doktoraturës, Akad. Neki Frashëri, i cili me durim dhe me ndjekje e nxitje të vazhdueshme ka qënë suporti i parë për ecurinë e doktoraturës time. Ai ka qënë i gatshëm për çdo diskutim, shkëmbim mendimesh, më ka suportuar për vizitat e kërkimit shkencor që kam kryer jashtë vendi, dhe kritikën dhe vlerësimet e tij kanë qënë shumë të vlefshme në zhvillimin e këtij punimi.

Pa diskutim, një pjesë tejet e rëndësishme e suportit më është dhënë nga shefja e Departamentit Prof. As. Elinda Kajo Meçe, të cilën gjej rastin ta falenderoj nga zemra edhe zyrtarisht, e zezë mbi të bardhë, përmes këtij seksioni të disertacionit tim.

Një vlerë të jashtëzakonshme për realizimin e këtij punimi ka sjellë bashkëpunimi im me universitete të huaja në Finlandë dhe Francë, të cilët, me anë të shkëmbimit të ideve, mbledhjeve e diskutimeve me grupet e fushës time të studimit, më ndihmuan të zhvilloj më tej pjesën praktike të këtij punimi doktore. Gjej rastin të shpreh mirënjohjen për stafin e Universitetit Abo Akademi, Turku, Finlandë, në veçanti Simon, Sebastien dhe Drazen nga Universiteti Teknik i Vienës, për ndihmën e palodhur, sugjerimet, kritikën e gjata por tejet të vlefshme. Gjithashtu, stafin e Departamentit IRIT në Universitetin Paul Sabatier, Tuluz, Francë, në veçanti Jean-Marc, George, Patricia, Iris dhe Leo.

Falenderimet e përzemërta vijojnë për stafin e Departamentit të Inxhinierisë Informatike, të cilët më kanë mbështetur dhe ndihmuar si me diskutimet e vlefshme përgjatë dy prezantimeve në Departament, ashtu edhe mbulimin e orëve mësimore gjatë kohës që kam zhvilluar vizitat e mia të kërkimit shkencor në Universitetet e lartpërmendura. Në veçanti, për ndihmesën gjatë implementimit të algoritmave falenderoj Arditin, Dorianin dhe Evisin, sugjerimet dhe orientimet e tyre kanë qënë të një rëndësie të veçantë.

Nuk mund të lë pa përmendur, në këtë seksion falenderimesh, dekanen e periudhës 2012-2016 Prof. Rozeta Miho, e cila vazhdimisht më ka nxitur dhe suportuar për vijimësinë e doktoraturës time. Po ashtu, dekanin aktual, Prof. As. Vladi Koliçi, i cili ka treguar një qëndrim tejet pozitiv e mbështetës ndaj të gjitha procedurave të nevojshme për përmbylljen e këtij disertacioni.

Megjithëse e fundit, por jo më pak e rëndësishme, i jam falenderuese mbështetjes pa kufi nga prindërit e mi, të cilët me dashurinë prindërore janë përpjekur maksimalisht të më krijojnë të gjitha kushtet për mbarëvajtjen gjatë studimit dhe shkrimit të këtij disertacioni. Po ashtu, falenderoj miqtë që kanë qënë të duruar me mua për mungesat në aktivitetet sociale të organizuara, veçanërisht gjatë periudhës së shkrimit të doktoraturës ☺.

Enida Sheme

Tetor 2016, Tiranë, Shqipëri

KAPITULLI 1

HYRJE

Ky kapitull synon të japë një ide mbi pikat kyçe të studimit që mbulon ky disertacion. Në vijim do të përshkruhet cila është problematika që shtrojmë për studim dhe pse është ajo e rëndësishme për t'u hulumtuar dhe zgjidhur. Përjasja e propozuar nga unë duke cituar risitë dhe përfitimet jepen në seksionin e dytë të këtij kapitulli. Më tej, përshkruhet struktura e organizimit të disertacionit.

1.1 Motivimi

Qendra e të dhënave (më tej i referohemi me emrin Datacenter) është tendenca më e fundit teknologjike që po pushton tregun e shërbimeve në fushën e Teknologjisë së Informacionit dhe Komunikimit. Një Datacenter mban sasi të jashtëzakonshme të dhënash, i shërben miliona përdoruesve në mbarë botën, gjeneron fitime tejet të larta për zotëruesit e tij dhe ka sjellë modele të reja komunikimi, organizimi dhe shoqërimi për një masë të gjerë sociale.

Rritja e qëndrueshme në kapacitet dhe shkallëzueshmëri ka mundësuar që operatorët e Datacenter-it të zgjerojnë kufijtë dhe përfitimet e shërbimit të tyre. Por, paralelisht me dobitë, ato kanë hapur edhe sfida të reja lidhur me konsumin e fuqisë dhe infrastrukturën e ftohjes, në aspektin e efikasitetit, kostos së punës, qëndrueshmërisë e besueshmërisë së sistemit, si dhe ndikimit të tyre në mjedis. Datacenters të sotme po shndërrohen në fabrika të shekullit XXI për “prodhimin e informacionit”, duke shënuar rritje të shpejtë të konsumit të fuqisë në sektorin e Teknologjisë dhe Informacionit. Ato konsumojnë fuqi të rendit MW – GW në vit, mjaftueshëm për të ushqyer me energji elektrike qytete të tëra, por nga ana tjetër po mbërrijnë një limit fuqie që është i disponueshëm për to. Për më tepër, kostoja e ushqimit me energji shkon në miliona dollarë dhe po pëson rritje të vazhdueshme. Në aspektin e ftohjes, të dhënat studimore tregojnë se rritja me 10° Celsius

e qarqeve elektrike përbërëse dyfishon shanset për dështimin e sistemit, duke zvogëluar besueshmërinë e këtyre sistemeve me kosto të lartë. Nuk mund të lihet pa përmendur një faktor shumë i rëndësishëm që është ndikimi që kanë Datacenters në ndotjen e mjedisit. Sipas raporteve të 5 viteve të fundit, sasia e dioksidit të karbonit që çlirohet në atmosferë nga prodhimi i energjisë që ushqen një Datacenter është e rendit milion ton në vit dhe parashikohet rritje intensive e mëtejshme nëse nuk merren masa për ta ndaluar këtë proces. Çlirimi i dioksidit të karbonit dhe i gazeve të tjera që çlirohen bashkë me të nga djegia e lëndës së parë për prodhimin e energjisë elektrike, përveçse është një ndotës afatgjatë i ambientit dhe burim sëmundjesh kryesisht të rrugëve të frymëmarrjes, rezulton të jetë një nga faktorët kryesorë të ngrohjes globale dhe efektit serë, në vëmendje të lartë publike në shekullin XXI.

Motivimi për punimin e paraqitur në këtë dizertacion buron pikërisht nga problemet e lartpërmendura. Rrjedhimisht, lind nevoja që të vendosen standarte, zgjidhje e politika të reja menaxhimi të burimeve që do të kornizojnë konsumin e fuqisë, koston si dhe ndikimin mjedisor të sistemeve në fushën e Teknologjisë së Informacionit. Tradicionalisht, teknikat e menaxhimit në mënyrë efektive të fuqisë u janë aplikuar pajisjeve të lëvizshme, diktuar nga fakti se pajisje të tilla ushqehen me bateri, jetëgjatësia e të cilave varet nga konsumi i energjisë. Gjithsesi, për shkak të rritjes së vazhdueshme të konsumit të fuqisë nga servera dhe Datacenter në tërësi, fokusi për teknika menaxhimi të tyre ka përfshirë edhe këto infrastruktura. Datacenter, pikërisht, zë vendin e dytë pas pajisjeve e sistemeve të Telekomunikacionit, për ndotjen e ambientit në fushën e Teknologjisë së Informacionit dhe Komunikimit [1], ilustruar kjo në Figurën 1.

Rezultati që synohet të mbërrihet etiketohet në kohën e sotme me emrin ‘Green ICT’ (Teknologji Informacioni dhe Komunikimi e gjelbër). Termi ‘Green ICT’ shpesh perceptohet në mënyrë të gabuar duke ngjallur imazhin e një fokusi strikt mbi ndikimin në mjedis apo dëmtimin e çështjeve të rëndësishme për njerëzimin. Përkundrazi, fusha e TIK mundëson prodhimtari, zhvillim ekonomik si dhe përmirësim të cilësisë së jetës apo ndikime pozitive në shoqëri (kur aplikohet siç duhet). Në një botë ku biznesi dhe ambienti shihen shpesh si të papërputhshme, TIK në fakt është një nga të paktat leva që

njerëzimi mund të përdorë pikërisht për të pajtuar përfitimet ekonomike, sociale dhe ambientaliste, që janë tre shtyllat e sistemeve të qëndrueshme në kohë.

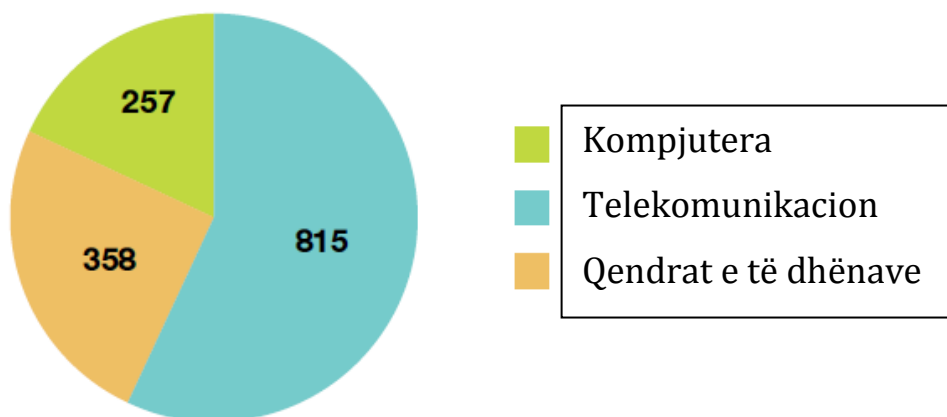


Figura 1: Emetimi i dioksidit të karbonit në Milion Ton për shkak të pajisjeve të TIK në nivel botëror [1]

Tre madhësitë matëse të një sistemi “Green IT” janë:

- *Efektiviteti energjitik i përmirësuar:* kjo madhësi njihet mjaft mirë nga inxhinierët e TIK dhe industria e TIK dhe fokusi ndaj saj është rritur ndjeshëm vitet e fundit, kryesisht për të reduktuar shpenzimet e punës së sistemeve kompjuterike dhe infrastrukturës mbështetëse.
- *Reduktimi i ndotjes së ambientit:* duke qënë se efektiviteti energjitik jo gjithmonë pakëson ndotjen, pasi mund të ulët kosto por burimi i energjisë është ndotës gjithsesi, strategjia më e sugjeruar dhe e sigurtë është përdorimi i burimeve të rinovueshme të energjisë.
- *Menaxhimi i ciklit të jetës:* synimi për të patur sisteme efikente energjitike dhe me ndotje minimale në ambient është i rëndësishëm jo vetëm gjatë fazës së punës së TIK por edhe në fazën e prodhimit dhe nxjerrjes nga qarkullimi (hedhjes). Rritja e shpejtë e industrisë TIK ka shtuar ndjeshëm të ashtuquajturën ‘e-waste’ ose mbetje elektronike, të cilat mbartin rrezik të jashtëzakonshëm toksik. Kjo çështje nuk do të trajtohet nga ky studim doktore.

Këto janë disa arsye thelbësore që kanë vendosur në qendër të kërkimeve shkencore, përveç performancës dhe sigurisë në Datacenter, edhe projektimin e përbërësve fizike, sistemeve, algoritmave për menaxhimin me efektivitet të fuqisë, apo përdorimin e formave të reja të burimeve energjitike më pak të kushtueshme në vlerë monetare dhe ambjentaliste.

1.2 Kontributet e këtij punimi

Në punimin tim, kontributi i parë qëndron në implementimin e një algoritmi skedulimi në simulator, i cili synon skedulimin e punëve që vijnë për ekzekutim në Datacenter por spostohen në kohë në mënyrë dinamike bazuar në sasinë e disponueshme të energjisë së rinovueshme përgjatë një intervali kohor prej 24 orësh. Qëllimi i këtij algoritmi është përshtatja e nivelit të ngarkesës së punës që përpunohet nga Datacenter me nivelin e energjisë së rinovueshme të disponueshme brenda kësaj dritare kohore.

Kontributi i dytë është konceptimi i një skeme të re të skedulimit të burimeve energjitike dhe implementimi i këtij algoritmi në simulator. Burimet energjitike që marrim në konsideratë janë: energjia e rinovueshme, energjia “grid” që merret nga rrjeti tradicional elektrik dhe bateria. Risia qëndron në nivelet prioritare që u jepet secilit prej burimeve, dhe konkretisht sipas rendit të dhënë më lart: prioritetin më të lartë për t’u përdorur e ka energjia e rinovueshme, e ndjekur nga energjia e rrjetit nëse ajo e rinovueshme nuk është e mjaftueshme për të përballuar kërkesat e konsumit energjitik të Datacenter. Në fund, bateria përdoret si burim rezervë i cili furnizon Datacenter në periudha piku të konsumit dhe mungesë të energjisë së rinovueshme. Gjithashtu, një element tjetër risi është ndërthurja e skedulimit të burimit energjitik me teknika të menaxhimit të kufizimit të fuqisë në mënyrë dinamike, njohur në literaturë si “power capping”. Qëllimi i kësaj skeme është maksimizimi i përdorimit të energjisë së rinovueshme (ose minimizimi i shpërdorimit të saj), minimizimi i përdorimit të energjisë nga rrjeti elektrik duke iu përshtatur në mënyrë dinamike mungesës apo tepricës së energjisë së rinovueshme, dhe optimizimi i përdorimit të mjeteve rezervë si bateria.

Mjeti i përdorur për simulimin dhe implementimin e dy algoritmave të rinj është një nga simulatorët më popullorë aktualë për menaxhimin e Datacenter quajtur CloudSim. Ndërsa energjia e rinovueshme e konsideruar në këtë studim është ajo diellore dhe e erës. Këto burime, ndryshe nga burimet hidrike, nuk kërkojnë domosdoshmërisht ndërtimin e impianteve për shfrytëzimin e kapacitetit të tyre gjenerues. Gjithashtu, avancimet në teknologji duke rritur efikasitetin dhe ulur koston e prodhimit po i bëjnë këto burime më interesante për t'u hulumtuar e përdorur si mjet gjenerimi i energjisë së rinovueshme.

Përfitimet që sjellin algoritmat e propozuar në këtë disertacion janë si më poshtë:

Minimizim i shpërdorimit të energjisë së rinovueshme. Kjo për shkak se tentohet të përdoret maksimalisht sasia e saj e disponueshme, duke e rimodeluar dhe planifikuar ngarkesën e punës në periudha kohore kur niveli i energjisë së rinovueshme është më i lartë.

Minimizim i energjisë së përdorur nga rrjeti tradicional. Duke supozuar se kostot e blerjes së energjisë së rinovueshme do të ulen ndjeshëm në dekadën vijuese, është e qartë se ky minimizim i energjisë nga rrjeti sjell ulje të vlerës monetare (kostos) të përdorimit të Datacenter.

Optimizim i përdorimit të baterive. Skema e propozuar synon kapacitet të vogël dhe mesatar të baterive, pasi do të mbulojë vetëm kohën kur konsumi energjitik dhe niveli i disponueshëm i energjisë së rinovueshme kanë diferencë të madhe. Kapaciteti i vogël i baterisë ka kosto më të ulët financiare dhe më pak dëmtim të ambjentit.

Reduktim i ndotjes së ambjentit. Kjo rrjedh si rezultat i përdorimit të energjisë së pastër (të rinovueshme) kundrejt energjisë që prodhohet nga lëndët djegëse.

Stabilitet afatgjatë i infrastrukturës Datacenter nga pikëpamja energjitike. Përdorimi, apo më tej maksimizimi, i përdorimit të energjisë së rinovueshme premtan sisteme që nuk degradojnë vetveten dhe mjedisin, njohur në anglisht me termin “sustainability”. Kjo për arsyen se këto lloj burimesh energjie janë të pashtershme ndryshe nga energjia e prodhuar nga lëndët djegëse, e cila kërkon gjithnjë e më shumë

burime të shterueshme, gjë që pritet të rezultojë në një krizë burimesh dhe ambient të dëmtuar e të rrezikshëm, pra me jetueshmëri të shterueshme.

Kontributi i tretë i këtij punimi është paraqitja e një madhësie të re matëse quajtur Përqindja Minimale e Furnizimit (PMF) e cila përfaqëson potencialin furnizues të një njësie bazë të burimeve të disponueshme të energjisë së rinovueshme në një Datacenter të dhënë. Matematikisht kjo madhësi shprehet si raporti mes energjisë së rinovueshme dhe konsumit energjistik për të njëjtën sasi kohe përkthyer në përqindje. Një aspekt i rëndësishëm se si mund të shërbejë kjo madhësi është krahasimi i potencialit për furnizim me energji të rinovueshme mes vendeve të ndryshme gjeografike, për të përcaktuar pozicionin më të përshtatshëm të ndërtimit të një Datacenter i cili do të ushqehet me burime të rinovueshme energjie.

1.3 Struktura e disertacionit

Ky disertacion është strukturuar në 7 kapituj. Kapitulli pasardhës mbulon bazat e efijencës energjitike, duke u fokusuar në një përshkrim të detajuar të problematikës së konsumit të lartë energjistik të Datacenter, zgjidhjeve të deritanishme dhe sfidat e hapura në këtë drejtim. Ky kapitull mbulon si çështjen e përmirësimit të sistemeve nga ana hardware dhe nga ana software në pikëpamjen e konsumit energjistik të tyre, po ashtu edhe elementin e ashtuquajtur “green ICT” për teknologji informacioni me ndikim minimal në ambient.

Kapitulli 3 përshkruan punimet e ngjashme studiuar nga kërkuesit shkencorë, industria, si dhe organizatat raportuese për problematikën në fjalë. Periudha e shqyrtuar për studim konsiston në vitet 2010 – 2016.

Në Kapitullin 4 jepet metodologjia e punës, një pamje e përgjithshme e të gjithë aktorëve që marrin pjesë në kuadër të optimizimit të efijencës energjitike të Datacenter-it duke përdorur pikërisht energjinë e rinovueshme si furnizues. Në këtë kapitull do të njihemi me karakteristikat e ngarkesës së punës, elementët përbërës të një Datacenter.

Gjithashtu, këtu do të përshkruajmë potencialet e energjisë së rinovueshme në Shqipëri, shprehur me anë të madhësisë së re Përqindja Minimale e Furnizimit.

Më tej, Kapitulli 5 detajon implementimin e 2 algoritmave që përbëjnë kontributin kryesor të këtij punimi dhe një përshkrim i detajuar i simulatorit CloudSim, në të cilat janë integruar zgjidhjet e propozuara.

Eksperimentet dhe rezultatet e tyre përshkruhen në Kapitullin 6, për të mbyllur këtë punim me Kapitullin 7 me përfundimet dhe drejtimet se si mund të vijohet në të ardhmen kërkimi shkencor në fushën e përzgjedhur të studimit: eficienta energjitike në qendrat e të dhënave, me fokus integrimin e energjisë së rinovueshme për furnizimin e tyre.

KAPITULLI 2

Njohuri mbi eficientën energjitime

Fokusi i këtij kapitulli është prezantimi me zgjidhjet dhe standartet e deritanishme që kanë në thelb eficientën energjitime. Me gjithë punën e bërë deri më sot, ka ende shumë probleme të patrajtuara apo fusha të reja kërkimi si pasojë e risive që janë integruar tashmë apo mundësive të reja për shfrytëzim në fushën e teknologjisë së informacionit. Në vijim të këtij kapitulli do të njihemi pikërisht me drejtimet e hapura që kanë nevojë për kërkim shkencor dhe zgjidhje inovative, në përputhje me zhvillimin dinamik të fushës së teknologjisë së informacionit. Gjithashtu, do të paraqiten standarde dhe politika ndërkombëtare të vendosura ndër vite për arritjen e qëllimeve mbi eficientën energjitime në fushën e TIK.

2.1 Hyrje

Zhvillimi i mëtejshëm i Datacenters në aspektin e përshkallëzimit të tyre po pëson një frenim për shkak të një kushti të thjeshtë dhe të domosdoshëm i cili është: *efektiviteti i konsumit të fuqisë së serverave dhe infrastrukturës së lidhur me të*. Ajo që po ndodh në ambjentin Datacenter është e ngjashme me fenomenin “muri i fuqisë” në nivel qarku të integruar të procesorit. Sipas këtij fenomeni, nuk mund të shtohet më tej numri i tranzistorëve për njësi sipërfaqe, megjithëse teknikisht është e mundur, për shkak të rritjes eksponenciale të dendësisë së fuqisë për njësi sipërfaqe ndërsa numri i tranzistorëve rritet linearisht. Për analogji, mund të themi se dekada aktuale ndodhet përballë situatës “muri i fuqisë së Datacenter-it”. Për këtë arsye, menaxhimi i konsumit të fuqisë është konsideruar me vëmendje të lartë nga akademikë, përfaqësues të industrisë si dhe përfaqësues të organizatave në mbrojtje të mjedisit.

Arsyeja kryesore e konsumit të fuqisë në mënyrë jo efektive në Datacenter është përdorimi mesatarisht i ulët i burimeve. Sipas studimeve të vazhdueshme që konfirmojnë

njëra-tjetrën [1], [2], përdorimi i procesorit nuk e kalon vlerën 50%, siç tregohet në Figurën 2.1. Shumicën e kohës, procesori përdoret 36.44% të kapacitetit të tij, me një interval besueshmërie prej 95% që do të thotë 36.40% deri në 36.47%. Arsyet e mospërdorimit në kapacitet të plotë të burimeve në Datacenter janë: ngarkesa e punës e ndryshueshme, pritja për përfundimin e veprimeve I/O (hyrje/dalje) apo pritje nga kujtesa. Aplikacionet moderne të shërbimit nuk mund të vendosen në servera me nivel maksimal përdorimi pasi luhatja me e vogël në ngarkesën e punës do të shkaktonte ulje të performancës dhe dështim në sigurimin e cilësisë së pritur të shërbimit sipas kontratës. Sidoqoftë, serverat në një Datacenter jo të virtualizuar ka shumë gjasa mos të jenë plotësisht në gjëndje 'idle' për shkak të detyrave që kryhen në 'background', si psh backup-et, sistemet e skedarëve ose bazat e të dhënave të shpërndara. Shpërndarja e të dhënave ndihmon në zgjidhjen e problemeve të balancimit të ngarkesës dhe përmirëson tolerancën ndaj gabimeve. Për më tepër, veç faktit që burimet duhet të sigurojnë garancinë për shërbim gjatë pikut teorik të ngarkesës së punës, është e vështirë që të gjithë serverat e një Datacenter të jenë njëkohësisht në përdorim të plotë.

Sistemet ku përdorimi mesatar i burimeve është më pak se 50% i kapacitetit përfaqësojnë paefektshmëri të lartë, përderisa shumicën e kohës vetëm gjysma e burimeve është faktikisht duke punuar. Gjithsesi, infrastruktura duhet ndërtuar e tillë që të jetë në gjëndje të menaxhojë pikun më të lartë potencial të ngarkesës së punës, megjithëse praktikisht ajo mund të ndodhë shumë rrallë. Në sisteme të tilla, kosto e kapacitetit shtesë për menaxhimin e këtyre situatave të rralla është ndjeshëm e konsiderueshme dhe përfshin shpenzime shtesë mbi sistemet e ftohjes, njësitë e shpërndarjes së fuqisë, gjeneratorë, bateri, etj. Sa më i ulët përdorimi mesatar i burimeve në një Datacenter, aq më të shtrenjta bëhen ndërtimi dhe mirëmbajtja e Datacenter-it.

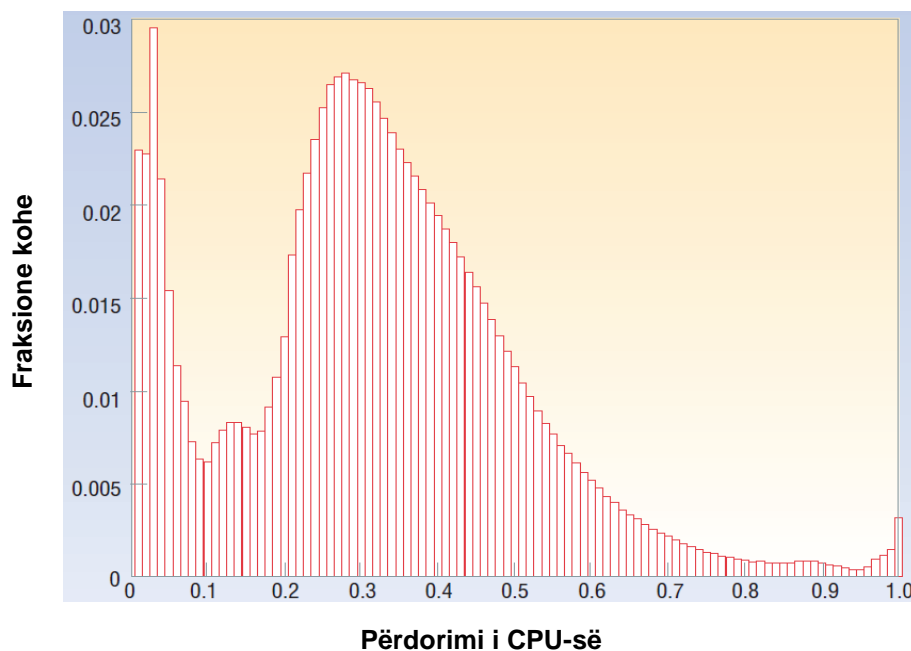


Figura 2.1: Përdorimi mesatar i procesorit për më shumë se 5,000 servera të Google përgjatë një periudhe 6-mujore [1].

Idealisht, energjia totale e konsumuar duhet të jetë e barabartë me energjinë e konsumuar gjatë periudhave përlllogaritëse, pra kurba e energjisë faktike të konsumuar të përkojë saktësisht me kurbën e energjisë që nevojitet për përlllogaritjen e një ngarkese të caktuar pune, sikurse ilustrohet në Figurën 2.2.

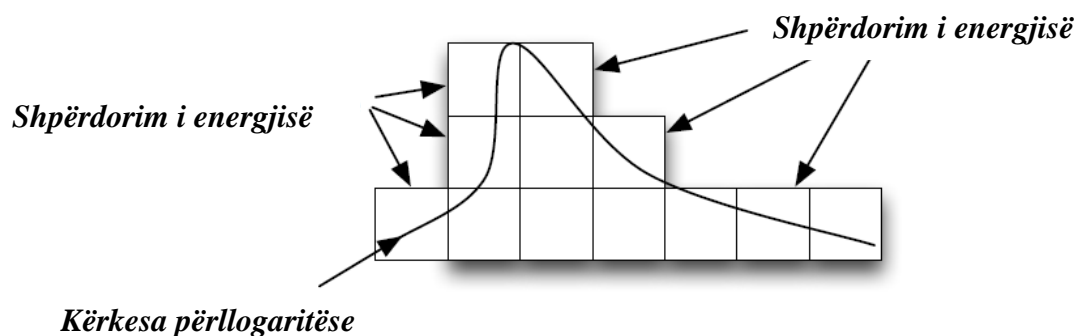


Figura 2.2: Përfaqja e përafrimit të fuqisë faktike të konsumuar me energjinë e nevojshme për përlllogaritjen e ngarkesës [1]

Teknologjitë e virtualizimit po ofrojnë mundësi të reja për përdorimin e teknikave të avancuara të skedulimit dhe menaxhimit të burimeve me qëllim përdorimi më të lartë të tyre dhe kursim energjie. Si rezultat, politikat e menaxhimit të burimeve që marrin në konsideratë të mesmen mes performancës dhe kursimit të energjisë përbëjnë sfida të rëndësishme në fushën e kërkimit shkencor të cilat kërkojnë zgjidhje.

Zhvillimet e fundit në teknologjitë ‘hardware’ duke pëfshirë procesorët me konsum të ulët fuqisë, SSD – ‘solid state drives’, dhe monitorët me efikasitet energjistik kanë lehtësuar në një farë shkalle çështjen e kosumit të energjisë. Nga ana tjetër, një sërë përfaqesësh software kanë dhënë kontributin e tyre në këtë aspekt. Të dyja këto përfaqesje, si hardware ashtu dhe ajo software, duhen parë si komplementare në vend se konkurente. Për shembull, një program që është zhvilluar pa marrë në konsideratë efizienzën e tij energjitime mund të rrisë konsumin e energjisë, duke kontribuar kështu në çlirim më të lartë nxehtësie, që rrjedhimisht shton konsumin e energjisë për ftohjen e sistemit. Gjithashtu, vëmendje u duhet kushtuar jo vetëm burimeve thelbësore përlllogaritëse por edhe pajisjeve mbështetëse si psh sistemet e ftohjes / kondicionimit të ajrit. Në paragrafin 2.2 do të analizojmë në detaje disa nga pasojat negative rrjedhojë e konsumit të lartë të fuqisë.

Ndërgjegjësimi i përdoruesve është një faktor tjetër që nuk mund të neglizhohet por duhet marrë parasysh në diskutimin mbi ‘Green IT’. Ndërgjegjësimi si dhe sjellja në tërësi e përdoruesve ndikon konsiderueshëm ngarkesën e punës dhe modelet e përdorimit të burimeve.

Për arritjen e standartit Green IT, po punohet kryesisht në dy aspekte:

- 1) efektiviteti i konsumit të energjisë të sistemit në tërësi. Kjo çështje trajtohet në paragrafin 2.3
 - duke rritur efikasitetin e konsumit të fuqisë sëngarkesës IT: përmbledh përmirësim të çdo pajisje të Datacenter e cila ka lidhje direkte me kryerjen e punës së infrastrukturës. Qëllimi është arritja e efektivitetit në nivel pajisjesh, ku

përfshihen pajisjet që Datacenter i përdor për të siguruar shërbimet e komunikimit dhe përpunimit të të dhënave.

- duke rritur efikasitetin e pajisjeve mbështetëse, si psh sistemi elektrik dhe mekanik që lehtëson kryerjen e punës. Qëllimi është efektiviteti në nivel sistemi, i cili synon projektimin e një sistemi tërësor për menaxhimin e të dhënave, si psh. sistemi i ftohjes, kondicionimi i ajrit sipas temperaturave të përcaktuara.

2) ushqimi i këtyre pajisjeve maksimalisht me energji të rinovueshme, të cilat kanë zero ndikim negativ në ambient. Shtjellimi i detajuar i kesaj çështje kryhet në paragrafin 4 të këtij kapitulli.

2.1.1 Konsumi i fuqisë apo konsumi i energjisë

Diferenca midis konsumit të fuqisë dhe energjisë është se konsumi maksimal i fuqisë përcakton koston e infrastrukturës që kërkohet për të menaxhuar dhe mirëmbajtur sistemin e punës në një Datacenter, ndërsa konsumi i energjisë shpjegon faturat elektrike. Një mënyrë zgjidhje për konsumin e fuqisë është ulja në minimumin e mundshëm e konsumit maksimal të fuqisë që kërkohet për ushqimin e burimeve në kapacitet të plotë. Por, konsumi i energjisë përcaktohet si konsumi mesatar i fuqisë në një periudhë të caktuar kohe. Konceptet jepen edhe sipas formulave të mëposhtme.

$$P(t) = U(t) \cdot I(t) \quad E = \int_{t_1}^{t_2} U(t) \cdot I(t) \cdot dt$$

Kjo do të thotë që konsumi faktik i energjisë nga një Datacenter nuk mund të japë informacion direkt mbi koston e infrastrukturës, pasi energjia e fshin informacionin e pikave kulmore të konsumit të fuqisë. Treguesi i rëndësishëm në të cilën reflekton energjia e konsumuar është kostoja totale e elektricitetit shpenzuar nga sistemi, e cila përbën komponentin kryesor në koston e punës se një Datacenter, si dhe arsyen që drejton industrinë në menaxhim më të mirë të burimeve në aspektin energjistik.

2.2 Pasojat e konsumit të lartë të fuqisë

Problemet kryesore të shkaktuara nga mungesa e menaxhimit efikas të burimeve janë kosto e lartë e ndërtimit dhe mirëmbajtjes, nxehje e serverave mbi kufijtë e lejuar dhe ndotja e mjedisit. Të tre këto fenomene janë të ndërlidhura, por secila ka specifikat e veta të cilat duhen trajtuar veçmas, siç përshkruajnë paragrafët në vijim.

2.2.1 Kosto e punës për një Datacenter

Përhapja e shpejtë e shërbimeve kompjuterike në ‘cloud’ ka promovuar Datacenter-a të shpërndarë gjeografikisht me miliona servera. Konsumi i fuqisë është e rendit qindra apo mijëra MW dhe faturat e energjisë elektrike kapin rendin e dhjetëra miliona dollarë. Përshembull Google shpenzon 1,120 GWh energji dhe 67 milion dollarë ndërsa Microsoft mbi 600 GWh dhe 36 milion dollarë [3]. Departamenti i Energjisë së Shteteve të Bashkuara (DoE) raporton se në studimin e tij të kryer në vitin 2006, rezulton se vetëm qendrat e të dhënave në SHBA konsumuan 1.5% të elektricitetit global. Kjo shifër parashikohet të arrijë vlerën 8% në vitin 2020 [4]. Ndërkohë kërkesa për energji vazhdon e rritet me 12% në vit, duke kushtuar aktualisht rreth 7.4 miliardë dollarë në vit.

Madhësia që përdoret për të llogaritur koston totale të zotërimit dhe mirëmbajtjes së një Datacenter njihet me emrin TCO – shkurtimi për “Total Cost of Operations”, pra kosto totale e punës. Është llogaritur se 50% e saj i përket fuqisë, ku përfshihet konsumi brenda serverit si: ngarkesa e punës, rregullatori i tensionit (VR), ventilatoret e brendshëm, blloku i ushqimit (PSU) dhe konsumi jashtë tij si: sistemi i ftohjes së dhomave të serverave, bateri (UPS), njësia e shpërndarjes së fuqisë (PDU). Totali i tyre për një server, përshkruar në Figurën 2.3, arrin vlerën 255-375 W [1].

Sipas raportit të McKinsey mbi “Revolucioni i efijencës energjitike të Datacenter” një Datacenter tipike konsumon energji sa 25,000 shtëpi [5]. Vetëm në vitin 2010, fatura e energjisë për Datacenters në botë vlerësohet të jetë e rendit mbi 11 miliardë \$ dhe kjo kosto dyfishohet çdo 5 vjet.

Gjithashtu, sipas Eric Schmit, CEO i Google, çfarë ka më shumë rëndësi së fundmi për Google “nuk është shpejtësia por fuqia, sepse Datacenters mund të konsumojnë elektricitet sa një qytet i tërë” [6].

Me rritjen e vazhdueshme të konsumit të energjisë dhe kostos që shpenzohet gjatë kohës së punës, nuk është e largët dita kur kostot e punës do të tejkalojnë kostot e burimeve fizike llogaritëse të një Datacenter. Ndaj, është thelbësor zhvillimi dhe aplikimi i strategjive për menaxhimin e energjisë në mënyrë efektive i burimeve në Datacenter.

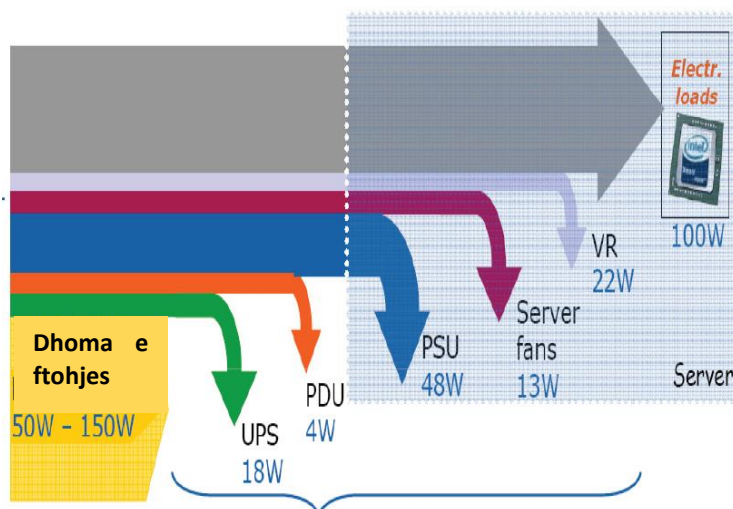


Figura 2.3: Konsumi i fuqisë përbën deri në 50% të kostos totale të punës për një Datacenter [1]

2.2.2 Rreziku real i mbinxehjes së serverave

Sipas ligjit të Moore, numri i tranzistorëve që vendosen në njësi sipërfaqe prej 1 inch² dyfishohet çdo dy vjet. Ky ligj, sipas ekspertëve dhe vetë autorit Moore, do të vazhdojë të mbetet në fuqi të paktën edhe për dy dekada [7]. Me rritjen e numrit të tranzistorëve për njësi sipërfaqe, rritet edhe konsumi i fuqisë për njësi sipërfaqe, pra densiteti i fuqisë.

Fuqia që konsumon një qark i integruar është shuma e dy përbërësve: fuqia dinamike dhe fuqia statike [8], përshkruar sipas ekuacionit të mëposhtëm:

$$P = a.C.f.V_{DD}^2 + V_{DD}.I_Q$$

Ku a është faktori i aktivitetit që merr vlera nga 0 në 1, C kapaciteti, f përfaqëson frekuencën e punës së procesorit, V_{DD} tensioni i punës dhe I_Q rryma e rrjedhës.

Fuqia dinamike varet nga frekuenca e punës së procesorit dhe kapaciteti i përdorur i burimeve, siç ilustruhet në Figurën 2.4.

Një problem i konsumit të lartë të fuqisë dhe rritjes së dendësisë së përbërësve fizike të serverit është çlirimi i nxehtësisë. Një pjesë e madhe e fuqisë elektrike të konsumuar kthehet në nxehtësi. Sasia e nxehtësisë së çliruar nga një qark i integruar varet nga efikasiteti i projektimit të tij si dhe tensioni dhe frekuenca në të cilën po punon.

Teorikisht, rritja e temperaturës në qark ndikon direkt në rritjen e rrymës së rrjedhës, dhe kjo e fundit rrit temperaturën, duke i përfshirë këto 2 faktorë në një rreth vicioz të rrezikshëm për sistemin. Pra, rritja e temperaturës ka ndikim në faktorin statik të konsumit të fuqisë, por nuk ka ndikim në faktorin dinamik të fuqisë.

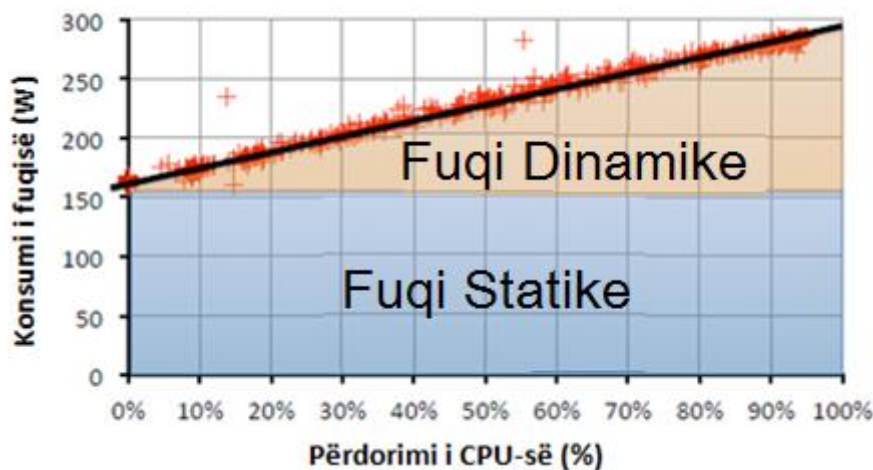


Figura 2.4: Varësia e fuqisë së konsumuar nga frekuenca e punës së procesorit [8]

Me rritjen e volumit të punës nga serveri, në sistemet me performancë të lartë, nxehtësia tejkalon vlerat e sigurisë termike dhe për qëllim mbrojtje, serveri detyrohet të fiket automatikisht. Kjo sjell paqëndrueshmëri të sistemit. Si rregull, për çdo 10°C rritje të temperaturës, shkalla e dështimit të sistemit dyfishohet.

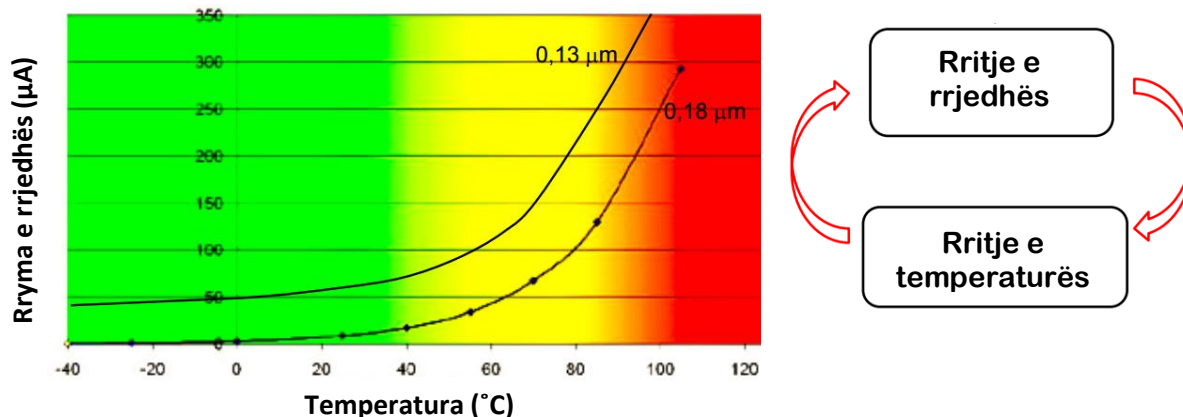


Figura 2.5: Lidhja mes rritjes së temperaturës dhe konsumit të fuqisë [8]

Në kushtet e një temperature të lartë, vërehen sjellje jo të parashikuara të gjysmëpërcjellësve që përbëjnë një chip. Cluster-i Linux 18-nyjesh prodhoi një përgjigje të gabuar jashtë parashikimeve duke punuar në një qendër prej 30°C nën pluhur por prodhoi për të njëjtën punë përgjigjen korrekte duke punuar në një dhomë me aparatura freskuese në temperaturën 18°C. Ndaj, fabrikuesit projektojnë qarqe të cilat fikën kur tejkalohet një vlerë e përlogaritur temperature, e cila përcaktohet në specifikimet teknike.

Numri i tranzistorëve të integruar në procesorët e sotëm Intel Titanium 2 arrin vlerën 1 miliard. Sipas [8], me ritmet aktuale të rritjes së dendësisë së tranzistorëve, nxehësia (për cm²) e gjeneruar nga procesorët e të ardhmes do të tejkalonte atë të sipërfaqes së diellit. Në mënyrë që burimet të funksionojnë në kushte të një sigurie termike, nxehësia duhet të shpërndahet nëpërmjet qarkullimit të rrymave të ftohta të ajrit. Në të kundërt jetëgjatësia e përbërësve ulet ndjeshëm, duke shtuar gjithashtu shanset për gabim të sistemit, gje që çon në destabilizim të tij. Për më tepër, që sistemi i ftohjes të funksionojë nevojitet fuqi e dedikuar për të. Megjithëse sistemet moderne të ftohjes po bëhen më efektive, vetëm pak vite më parë, për çdo Wat të konsumit të fuqisë, nevojitet 0.5-1Wat për ftohjen. Ftohja efektive komplikohet nga strukturat shumë të dendura të serverave moderne, ku thuhetse mungon hapësira që lejon rrjedhën e ajrit brenda rafteve. Këto fakte

ilustrojnë qartë shqetësimet lidhur me rreziqet e tej-nxehjes dhe rëndësinë e funksionimit të sistemit të ftohjes.

2.2.3 Ndotja e mjedisit

Një tjetër problem i shkaktuar nga konsumi në rritje i fuqisë është çlirimi i dioksidit të karbonit, i cili kontribuon në ngrohjen globale. Teknologjia e Informacionit dhe Komunikimit (TIK) është përgjegjëse për 2% të emetimit global të dioksidit të karbonit. Ndërsa në vitin 2007 sasia globale e CO₂ të gjeneruar nga Datacenters ishte 80 MegaTon, në vitin 2020 parashikohet që kjo vlerë të mberrijë 340 MegaTon, pra me shumë se 4–fishim [9]. Figura 2.6 paraqet sasinë globale të dioksidit të karbonit të emetuar nga viti 1850 – 2030, shprehur në milion Ton.

Mbulimi që i ka bërë çështjes media e folur dhe e shkruar, përmes fushatave sensibilizuese dhe publikimin e të dhënave statistikore më të fundit, ka rritur ndërgjegjësimin e popullatës kundrejt ndryshimeve klimaterike dhe efektit serë. Gjithnjë e më i lartë është numri i klientëve që marrin në konsideratë aspektin ‘green’ në përzgjedhjen e produkteve apo shërbimeve. Përveç çështjes mjedisore, kompanitë kanë filluar të përballen me rreziqe biznesi për shkak të mosrespektit të tyre ndaj ambjentit. Reduktimi i gjurmëve të dioksidit të karbonit në ambjent është një problem i rëndësishëm që duhet adresuar për zgjidhje në mënyrë që sistemet kompjuterike të mund të avancojnë dhe të përhapen më tej.

Sipas raportit të vitit 2011 të GreenPeace [10], Bill Wheel ka deklaruar: “Ne nuk do ta zgjidhim problemin e klimës përmes efikasitetit por duhet të zhvendosemi drejt burimeve më të pastra të energjisë, duke nxitur përdorimin e energjive të rinovueshme dhe ndërprerjen e prodhimit të energjisë nga lëndët djegëse. Të dhënat që ofrohen nëpërmjet internetit janë praktikisht fuqi e konsumuar, kështu që çdo klikim ka një kosto në ambjent.”

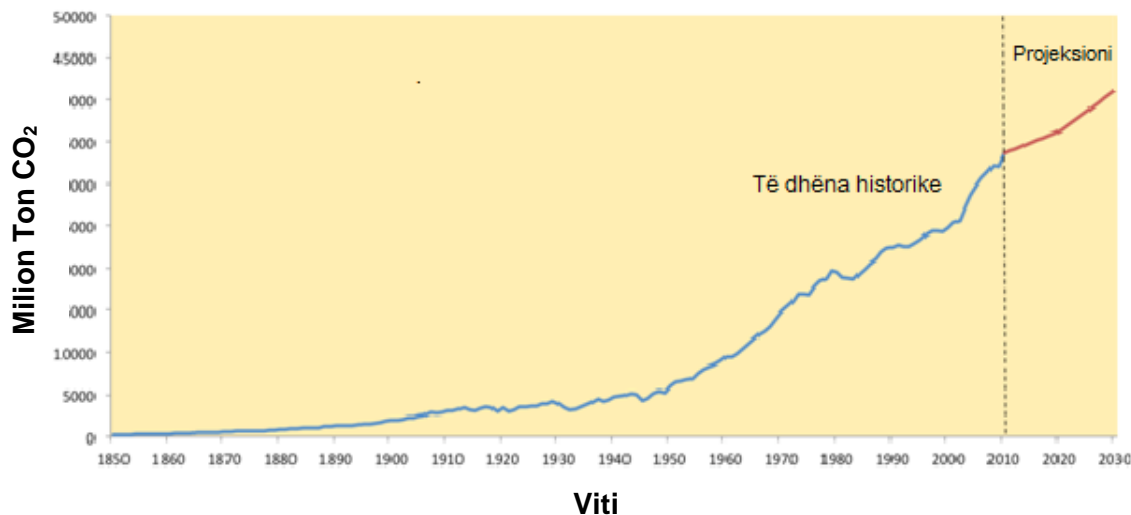


Figura 2.6: Sasia globale e dioksidit të karbonit të emetuar në periudhën 1850 – 2011 dhe parashikimi deri në vitin 2030 [9]

Sipas një raporti të vitit 2008 nga antivirusi dhe anti-malware i mirënjohur McAfee [11], i cili ka regjistruar 62 trilion spame në vitin 2008, llogarit koston e një spami si: 0.3 gram dioksid karboni (CO₂) për mesazh, 33 TWh energji vjetore e konsumuar nga spamet, ekuivalente me elektricitetin vjetor të përdorur nga 2.4 milionë shtëpi, e njëvlershme me emetim gazi GHG të 3.1 milionë automjeteve duke përdorur 2 miliardë gallon amerikan (1 gallon = 3.78 liter) me benzinë.

Një koncept i ngjashëm vijon me gjigandin e motorrit të kërkimit: çdo kërkim në Google ka një kosto të mirë-përcaktuar në ambient. Qëllimi parësor i kësaj kompanie është të realizojë kërkime të shpejta, me gjithë koston energjitike ekstra që mund të kërkojë. Është llogaritur se një kërkim i vetëm në Google, në prapaskenë, çliron 1 deri në 10 gram dioksid karboni në atmosferë [12].

Një aspekt tjetër i ndotjes së mjedisit vjen si pasojë e mungesës së teknikave të riciklimit të pajisjeve të teknologjisë së informacionit. Sipas raportit të DoE rreth 133.000 kompjutera personalë janë hedhur në plehra nga shtëpitë dhe bizneset e amerikanëve dhe ***vetëm 10% e të gjitha pajisjeve elektronike janë ricikluar***. Shumica e vendeve në botë kërkojnë që kompanitë e elektronikës të financojnë dhe menaxhojnë programet e

riciklimit për produktet e tyre, sidomos ato firma që ndodhen në vendet e pazhvilluara [13].

Green Computing duhet ta çojë ciklin e jetës së produktit nga cikli i prodhimit të cikli i operimit, dhe pas saj ta vazhdojë këtë cikël me procesin e riciklimit. E-Mbetjet janë një pjesë e menaxhueshme e totalit të të gjithë mbetjeve dhe riciklimi i tyre është i thjeshtë për t'u adoptuar. Për riciklimin e pajisjeve kompjuterike si psh pjesët e Mërkurit, ripërdorimi i tyre na lejon të kursejmë energji dhe të ulim impaktet nga mbetjet në mjedis të cilat vijnë nga pajisjet elektronike.

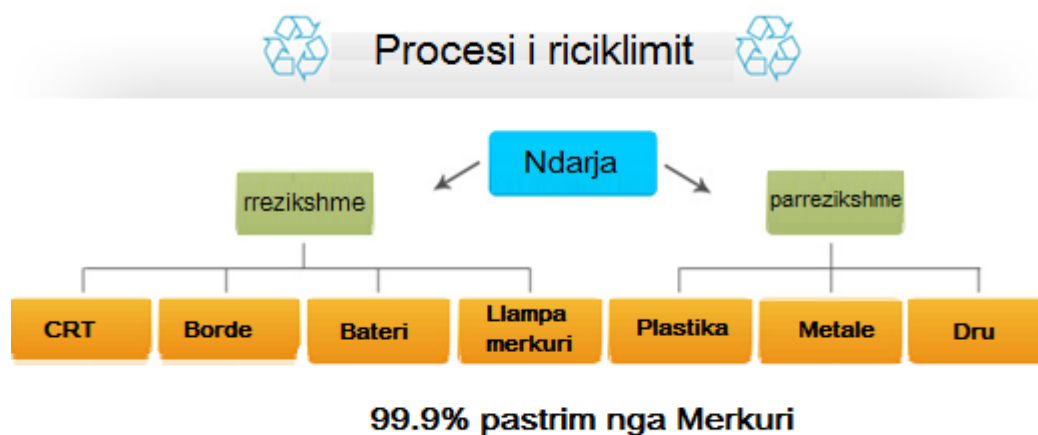


Figura 2.7: Proçesi i riciklimit të E-Mbetjeve. Ndarja e tyre në komponentë të dëmshëm dhe të padëmshëm. 99.9% e Merkurit riciklohet [13]

Komponentët audiovisualë si monitorët, VCR, pajisjet stereo, celularët, komponentët e kompjuterave, qarqet, televizorët mund të përmbajnë lëndë të vlefshme si psh plumbi, bakri dhe ari.

Çipet dhe qarqet e motherboardit përmbajnë metale akoma më të vlefshme si ar, argjend dhe platin. Një mënyrë e proçesimit është t'i djegim këto çipe, duke i djegur qarqet për të marrë bakrin dhe më pas duke përdorur acid për të ndarë metalet.

Mënyra tjetër është që t'i ndajmë pjesët në mënyrë mekanike, por kjo metodë nuk është efikase. Ripërdorimi i këtyre pjesëve redukton emetimin e gazrave të dëmshëm.

Sipas raporteve të firmës japoneze Fujitsu në *ciklin e jetës së produktit* është e qartë që durueshmëria dhe jetëgjatësia e produktit janë një nga qasjet më të mira për të arritur objektivat e Green Computing.

Jetëgjatësia e lartë e produktit do të lejojë më shumë shfrytëzimin e produkteve dhe do të vendosë një kontroll në prodhimin e produkteve të panevojshme. Është e qartë që rregullatorët e qeverive do t'i shtyjnë më shumë prodhuesit që të bëjnë më shumë përpjekje për të rritur jetëgjatësinë e produktit.

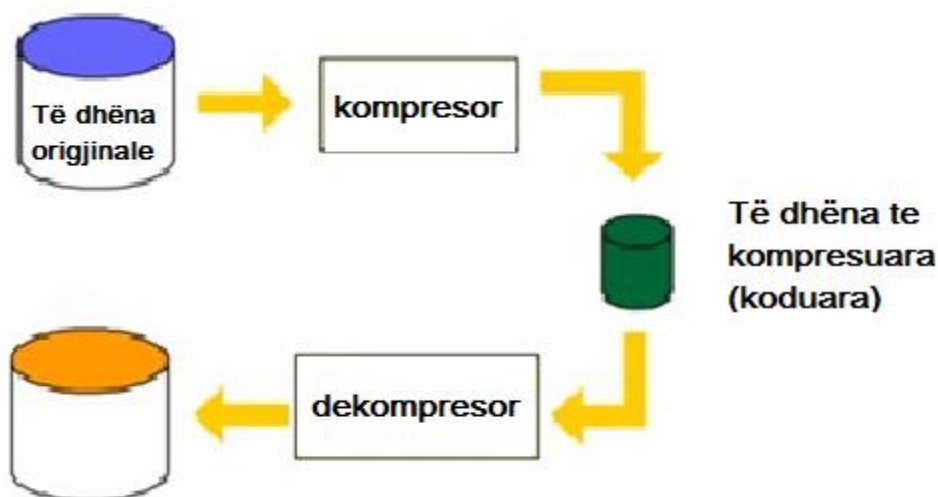


Figura 2.8: Kompresimi dhe dekompresimi i të dhënave [13]

Në sipërmarrjet e mëdha, sasi të mëdha të dhënash duplikohen për arsye sigurie. Backup që i bëjme sistemeve të informacionit janë një shembull i të dhënave të duplikuara që përdoren me qëllim ruajtjen e informacionit në raste defektesh. Teknikat inteligjente të kompresimit mund të përdoren për të kompresuar të dhënat dhe për të eliminuar duplikimin e tyre, gjë që do ndihmonte në uljen e hapësirave të 'data storage'.

2.3 Zgjidhje për efijencën energjitike

Menaxhimi efikas i burimeve është tejet i rëndësishëm për serverat dhe Datacenters që përmbajnë numër të konsiderueshëm nyjesh. Në Datacenters me shkallë të gjerë (“large-scale”) kosto e konsumit energjistik të nyjeve përlllogaritëse dhe infrastrukturës mbështetëse (p.sh sistemi i ftohjes, ushqyes, PDU-Power Distribution Unit) mund të tejkalojë koston e vetë infrastrukturës fizike të Datacenter-it në pak vite.

Inxhinierët IT kanë përmirësuar vazhdimisht projektimin e Datacenters, kodimin e software-ve me efikasitet energjistik, si dhe projektimin e kompjuterave fizikë me konsum me të ulët të energjisë. Këto përpjekje kanë prodhuar përfitime të konsiderueshme në reduktimin e energjisë së përdorur nga këto sisteme TIK.

Një nga tendencat më të fundit të përdorura për projektimin e Datacenter është përdorimi i “ftohjes falas” ose përdorimi i ajrit të ambjenteve të jashtme në vend të makinave freskuese me qëllim mbajtjen e serverave larg situatës së tej-nxehjes. Për këtë arsye, një numër gjithnjë e më i madh Datacenters po ndërtohen në vendndodhje fizike ku operatorët mund të përfitojnë nga klima të ftohta dhe të mbështeten më pak në pajisjet ftohëse të cilat kërkojnë burime intensive energjitike, konkretisht deri sa gjysma e totalit të konsumit energjistik të Datacenter. Google, Microsoft, dhe Yahoo po ndërtojnë Datacenters të mëdha në tokë të shkretuar përgjatë lumit Kolumbia, SHBA, për të shfrytëzuar fuqinë hidroelektrike me çmim shumë më të lirë.

Për më tepër, përparimi në projektim është duke ndihmuar në uljen e konsiderueshme të koston së ndërtimit të Datacenter, nga një industri mesatarisht 15 milion \$ për MW në 6-8 milione \$ për MW, ku lider për këtë rënie drastike janë Yahoo! dhe Microsoft. Gjithsesi, sipas paradoksit të Jevons, kjo ulje e koston së ndërtimit të Datacenter me shumë gjasa do të rrisë kërkesën për shërbime në cloud computing. Jevons citon se ndërsa progreset teknologjike rrisin efijencën e përdorimit të burimeve, shkalla e konsumit të këtyre burimeve rritet pasi do të rritet kërkesa për to [14].

Industria deri vonë e ka parë problemin e efijencës energjitike nën këndvështrimin e konsumit të fuqisë. Ndaj edhe përqsjet e ofruara për zgjidhje kanë qënë kryesisht

teknike. Por çfarë kjo përjasje shpesh ka dështuar të konsiderojë është lloji i energjisë që e furnizon sistemin kompjuterik, e cila është çështja e dytë që synon Green ICT.

Në paragrafet vijuese do të ofrojmë një vështrim të detajuar mbi teknikat e përdorura në fushën e projektimit të qarqeve, software-ve dhe Datacenter që synojnë konsum sa më të ulët të fuqisë në kuadër të efikasitetit energjetic të TIK. Më tej do të paraqiten zgjidhjet e ofruara të deritanishme dhe sfidat e reja në aspektin e përdorimit të energjisë së rinovueshme për të furnizuar Datacenter, duke konkluduar me seksionin e fundit i cili përshkruan disa nga standartet ekzistuese ndërkombëtare lidhur me fushën e kërkimit.

2.3.1 Zgjidhjet e ofruara

Bazuar në një vëllim të bollshëm kërkimesh shkencore në fushën e menaxhimit të konsumit të fuqisë, teknikat e deristome ndahen në dy kategori kryesore: statike dhe dinamike [8], siç ilustron në Figurën 2.9.

Teknikat e Menaxhimit të Fuqisë Statike (MFS) përmbajnë të gjitha metodat të cilat aplikohen gjatë projektimit në nivel qarku, logjik, arkitekturor dhe software. Optimizimet në nivel qarku fokusohen në reduktimin e aktivitetit fizik të switch-imit të portave logjike dhe qarqeve kombinatorike në nivel tranzistori duke aplikuar një projektim kompleks portash dhe madhësish të tranzistoreve. Optimizimet në nivel logjik synojnë reduktimin e aktivitetit të switch-imit të qarqeve kombinatorike dhe sekuenciale në nivel logjik. Metodatat në nivel arkitekture përfshijnë analizën e projektimit të sistemit dhe integrimin e teknikave të optimizimit të fuqisë në të.

Përveç optimizimit të projektimit të sistemit në nivel hardware, është e një rëndësie tejet të veçantë konsiderimi i kujdesshëm i implementimit të programeve që supozohet të ekzekutohen mbi këtë sistem fizik. Edhe pse një hardware mund të jetë projektuar në mënyrë perfekte, projektimi jo i duhur i software-it mund të degradojë dukshëm performancën duke shkaktuar humbje të konsiderueshme në fuqinë e konsumuar. Ndër format kryesore të optimizimit të software-ve në aspektin e konsumit të fuqisë janë më pak rreshta kod dhe kod i paralelizuar, në mënyrë që e njëjta punë të kryhet në një kohë më të shkurtër duke shfrytëzuar arkitekturat moderne me procesorë me shumë bërthama.

Gjithsesi, çështja e analizës së algoritmave të optimizuar për konsumin e fuqisë është komplekse dhe një problem aktual i vështirë.

Teknikat e Menaxhimit të Fuqisë Dinamike (MFD) përfshijnë metoda dhe strategji për përshtatjen e sjelljes së sistemit përgjatë kohës së ekzekutimit, bazuar në kërkesat për burime apo karakteristika të tjera dinamike të gjendjes së sistemit.

Supozimi i parë mbi të cilin veprojnë teknikat MFD është se sistemi menaxhon ngarkesa pune të ndryshueshme gjatë kohës së punës, duke lejuar një përshtatje dinamike të gjendjeve të fuqisë në bazë të kërkesave për performancë. Supozimi i dytë është se ngarkesa e punës mundet të parashikohet deri në një farë shkalle.

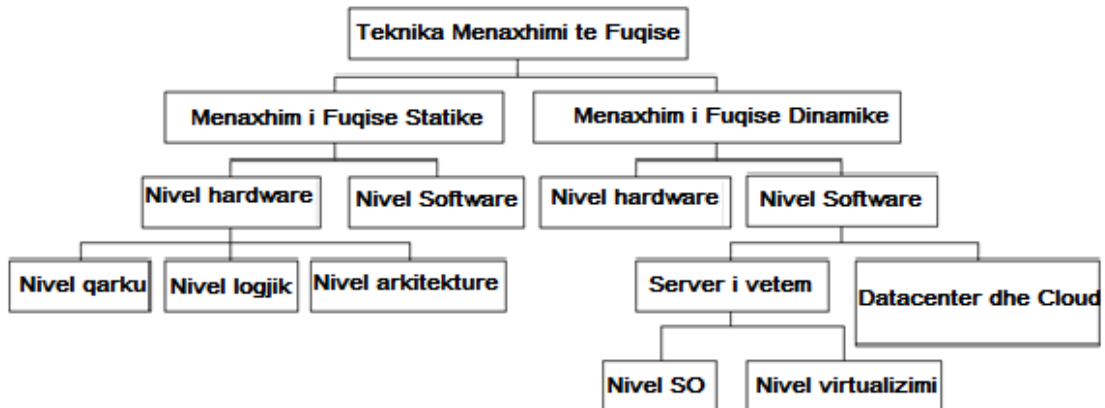


Figura 2.9: Klasifikimi i teknikave të menaxhimit të fuqisë [8]

Teknikat MFD mund të dallohen nga niveli në të cilin aplikohen: hardware ose software. MFD hardware klasifikohen në Shkallëzim Dinamik i Performancës (SDP) dhe Çaktivizim Dinamik i Komponentëve (CDK), i pjesshëm ose i plotë, gjatë periudhave të inaktivitetit. Ndërkohë, teknikat MFD software përdorin ndërfaqe software për menaxhimin e fuqisë së sistemit dhe bazuar në politikat e vendosura nëpërmjet kësaj ndërfaqe aplikojnë MFD hardware.

Një nga përparimet më të rëndësishme që ka lehtësuar zhvillimin e metejshëm në këtë fushë është implementimi i aftësisë DVFS (Dynamic Voltage Frequency Scale) nga shitësit e hardware-it dhe pasimi me prezantimin e ACPI (Advanced Configuration and

Power Interface). Këto teknologji kanë aktivizuar kontrollin e software-it mbi konsumin e fuqisë së CPU-së. Të menaxhosh fuqinë nga ky nivel domethënë saktësisht: përdorimi i CPU-së është i monitoruar, dhe çifti i frekuencës së orës së tij me furnizuesin e voltazhit ndryshohet vazhdimisht në mënyrë që të përshtatet me kërkesat e performancës së kohës. Maturiteti i kësaj teknike mund të ilustruhet me faktin që sistemet operative Linux të shpërndara gjerësisht e përfshijnë si një modul kernel. Më poshtë ne kemi klasifikuar dhe studiuar variante të ndryshme për të kontrolluar konsumin e fuqisë nga sistemi nga niveli i sistemit operativ duke aplikuar teknika të ndryshme të kursimit të energjisë dhe nivelet e abstraksionit. Virtualizimi i teknologjisë ka avancuar duke prezantuar në këtë fushë teknika shumë efikase të kursimit të fuqisë: konsolidimi i ngarkesës në makinat virtuale (virtual machines – VM) në numrin minimal të nyjeve fizike dhe më pas fikja e nyjeve të fjetur ('idle'). Përkrah konsolidimit, udhëheqësit e virtualizimit si Xen, Vmware, në mënyrë të ngjashme me sistemin operativ Linux, implementojnë DVFS të vazhdueshme.

Problemi i menaxhimit të fuqisë bëhet më i komplikuar kur konsiderohet nga niveli i qendrës së të dhënave. Në këtë rast sistemi përfaqësohet nga një grup i ndërlidhur nyjesh që kanë nevojë të menaxhohen si një burim i vetëm në mënyrë që të minimizohet energjia e konsumuar. Migrimet e drejtpërdrejta dhe jo të drejtpërdrejta të makinave virtuale që janë ofruar nga teknologjia e virtualizimit kanë mundësuar teknikën e konsolidimit dinamik të makinave virtuale lidhur me kërkesat dinamike të performancës.

Gjithsesi, migrimi i makinave virtuale çon në vonesa kohore dhe mbingarkesë në performancë, duke kërkuar kështu analiza të kujdesshme dhe teknika inteligjente për të eliminuar migrimet jo produktive që mund të ndodhin për shkak të ngarkesave të ndryshueshme të punës. Një nga kufizimet më të zakonshme të pjesës më të madhe të punimeve në këtë fushë është se nuk konsiderohet asnjë burim tjetër sistemi për optimizim veç CPU-së. Gjithashtu kufizime të tjera mund të përmendim: koha që nevojitet për tranzitin mes gjendjeve të fuqisë së burimeve dhe mbingarkesa (overhead) që sjell migrimi i makinave virtuale, që çojnë në degradim të performancës, nuk merren mjaftueshëm në konsideratë.

Zgjidhje të përgjithësuara e të përshtatshme për një ambient modern të ‘Cloud computing’ lidhur me menaxhimin e burimeve në Datacenter, të virtualizuar ose jo, duhet t’ju nënshtrohen kërkesave të mëposhtme:

- Virtualizim i infrastrukturës me qëllim suportimin e heterogjenitetit të hardware dhe software dhe thjeshtimin e sigurimit të burimeve.
- Aplikim i migrimit të makinave virtuale në mënyrë që të përshtasë në mënyrë të vazhdueshme alokimin e burimeve dhe të përgjigjet shpejt ndaj ndryshimeve në ngarkesën e punës.
- Aftësi e menaxhimit të shumë aplikacioneve me SLA (marrëveshje e nivelit të shërbimit) të ndryshme që zotërohen nga përdorues të ndryshëm.
- Garantim i kërkesave të cilësisë së shërbimit (QoS) për secilin aplikacion.
- Mbështetje për aplikacione të ndryshme dhe ngarkesa të ndryshme pune.
- Decentralizim dhe performancë e lartë e algoritmit të optimizimit për të siguruar shkallëzueshmëri dhe tolerancë në gabime.
- Optimizimi duke konsideruar shumë lloje burimesh të sistemit si: procesori, kujtesa, disku dhe ndërfaqja e rrjetit.

Një tjetër përjasje specifike për menaxhimin e konsumit të fuqisë në qendrat e të dhënave, bazohet në punimet e studiuesve si [15] të cilët kanë kategorizuar disa teknika për menaxhimin e burimeve ose të ngarkesës së punës. Megjithëse është e vështirë të vizatosh kufinj të qartë klasifikimi, për qëllime studimore, [15] gjerësisht klasifikon këto teknika në katër llojet e mëposhtme.

- 1) Teknikat e bazuara në DVFS (voltazhi dinamik dhe shkallëzimi i frekuencës)
- 2) Teknikat që ndryshojnë gjendjen serverit/nyjeve në fuqi të ulët ose në gjendje të fikur, ose përdorin teknika të konsolidimit dhe virtualizimit të serverit për të shpërndarë vetëm masën e kërkuar të burimeve server.
- 3) Menaxhimi i ngarkesës ose teknikat e bazuara në skedulimin e punëve

4) Teknikat e menaxhimit termik të cilat marrin parasysh karakteristikat termike.

Më tej, disa teknika adresojnë problemet e lidhura me ftohjen në qendrat e të dhënave. Bazuar në karakteristika/parametra të tjera, teknikat mund të klasifikohen më tej. Ndërkohë, shumica e teknikave synojnë të reduktojnë mesataren e fuqisë (energjisë), disa teknika synojnë të reduktojnë pikun e konsumit të fuqisë, ose limitin e fuqisë (kufizimi i fuqisë). Disa teknika synojnë të kursejnë energjinë ndërkohë që mbajnë degradimin e performancës të kufizuar ose mirëmbajnë cilësinë e garantuar të shërbimit.

Virtualizimi është teknika e efijencës së energjisë e cila është adoptuar më shumë në ambientet e qendrave të të dhënave. Virtualizimi synon të konsolidojë ngarkesën e qendrave të të dhënave në numrin minimal të serverave fizike që përdorin migrimin e drejtpërdrejt të makinave virtuale në mënyrë që të mundësojnë efijencë energjike. Serveri dhe burimet e kujtesës janë siguruar dinamikisht bazuar në luhatshmërinë e kërkesave të QoS të aplikacioneve të ndryshme të strehuara në makinat virtuale. Konsolidimi i ngarkesës konsolidon ngarkesën në qendrat e të dhënave në minimumin e numrit të serverave fizike, kështu pjesa tjetër e serverave mund të fiket. Shumica e strategjive konsoliduese konsiderojnë vetëm serverat për optimizimin e energjisë meqë fikja e elementeve të rrjetit është konsideruar tabu për shkak të kufizimeve të performancës. Strategjitë e konsolidimit kërkojnë një menaxhues të fuqisë autonome (APM) që të fikë/ndezë dinamikisht elementet e qendrave të të dhënave bazuar në kërkesat e ngarkesës. Teknika e DVFS bazohen në faktin që elementët e qendrës së të dhënave mund të kalojnë në gjendje të fuqisë së ulët duke shkallëzuar voltazhin në hyrje ose duke ndryshuar frekuencën. Teknika e DVFS kërkon suport të hardware-it dhe implementimin e standartit ACPI (Advanced Configuration and Power Interface).

DCEERS (DataCenter Energy Efficient Resource Management) është një teknikë konsoliduese ngarkese që optimizon një grup burimi qendrash të të dhënave aktive bazuar në ngarkesën e tanishme për efijencën e energjisë.

2.3.2 Sfidat aktuale dhe tendencat e kërkimit shkencor

Për punën e studiuesve të ardhshëm propozohet thellim studimi në drejtimet vijuese. Për shkak të përhapjes në shkallë të gjerë të procesorëve me shumë bërthama (multi-core), është e rëndësishme të zhvillohen teknika të menaxhimit të burimeve në mënyrë eficiente të energjisë që do të mund të shfrytëzonin maksimalisht këto arkitektura. Përveç procesorit dhe kujtesës, një tjetër konsumues i konsiderueshëm i energjisë në qendrat e të dhënave është infrastruktura e ndërlidhjes së rrjetit. Për këtë arsye është shumë e rëndësishme të zhvillohet një teknikë inteligjente për të menaxhuar në mënyrë eficiente burimet e rrjetit. Një nga mënyrat për të arritur këtë për qendrat e të dhënave të virtualizuara është që të optimizohen vazhdimisht topologjitë e rrjetit të vendosura mes makinave virtuale, dhe në këtë mënyrë të reduktohet mbingarkesa e komunikimit të rrjetit dhe ngarkimi i paisjeve të rrjetit. Nje drejtim tjetër për punë në të ardhmen, i cili lidhet me projektimin e sistemit në nivel të ulët, është përmirësimi i efijencës së furnizuesve të energjisë, githashtu dhe zhvillimi i komponentëve hardware që suportojnë shkallëzimin e performancës në përpjestim të drejtë me konsumin e fuqisë. Një tjetër çështje për t'u adresuar nga studiuesit është reduktimi i kohës së tranzicionit shkaktuar nga kalimi në gjendje të ndryshme të fuqisë. Po ashtu, federatat Cloud që përfshijnë disa qendra të dhënash të shpërndara gjeografikisht duhet të shfrytëzohen për të përmirësuar efijencën e energjisë. Shpërndarja efijente e ngarkesës përgjatë qendrave të të dhënave të shpërndara gjeografikisht mundëson shpërndarjen e ngarkesës në një vendndodhje ku energjia ose ftohja është më e lirë (psh, energjia diellore përgjatë ditës në zona me kohë të ndryshme, ftohja efijente për shkak të kushteve të klimës). Drejtime të tjera të rëndësishme janë mundësimi i kontrollit të përdoruesit mbi konsumin e fuqisë / çlirimin e dioksidit të karbonit në ambjent në shërbimet Cloud dhe suport për SLA (Service Level Agreement – Marreveshja e nivelit të shërbimit) fleksibël të negociuar mes përdoruesve dhe mundësuesve të burimit. Duke ndërtuar mbi themelin e punëve e studimeve të mëparshme, projektet e reja po fillojnë të hetojnë menaxhimin e avancuar të burimeve dhe teknikat të kursimit të fuqisë. Megjithatë, janë shumë sfida të hapura që bëhen më të dukshme në kohën dinamike të “Cloud computing”.

2.4 Zgjidhjet për qëndrueshmëri afatgjatë

Një faktor tjetër për t'u përmendur në aspektin e "Green ICT" është një koncept që në gjuhën angleze i referohemi me emrin "sustainability", që nënkupton qëndrueshmëri afatgjatë. Çfarë është e rëndësishme për një sistem IT është të jetë i qëndrueshëm në periudha afatgjata. Koncepti do të thotë që me kalimin e kohës, viteve, dekadave, sistemi mos të jete projektuar në një mënyrë të tillë që të vetë-degradojë prej faktorëve që janë të lidhur ngushtësisht me funksionimin e sistemit IT si për arritja e një pike kufi ku zhvillimi apo zgjerimi i mëtejshëm nënkupton dëmtim apo shkatërrim të sistemit.

Në këtë seksion do të njihemi me raste të aplikuara të përdorimit të energjisë së rinovueshme, avantazhet e përfitimet si dhe disavantazhet, të cilat përbëjnë sfidat e reja të hapura në këtë drejtim.

2.4.1 Përdorimi i energjisë së rinovueshme

Energjia e rinovueshme përbën një burim të pashtershëm energjie. Me konsumin e lartë të energjisë në ditët e sotme, burimet e shtershme po vënë në pikëpyetje funksionimin normal të shumë sistemeve që kanë për bazë furnizimin me burime të shtershme energjie. Ndaj, gjithnjë e më tepër në kohët e fundit, po vihet theksi te zëvendësimi i burimeve energjitike nga ato të fundme (shterueshme) në ato të tipit të pashtershëm siç janë energjia diellore, e erës, e valëve, e nxehtësisë së tokës, etj.

Siç u përshkrua në paragrafin e mësipërm, sektori i IT-së ka demonstruar përmirësime të qëndrueshme në efikasitetin energjitike. Ai ka ecur me hapa të mëdhenj drejt reduktimit të konsumit të fuqisë pas shumë vitesh neglizhence. Por, ndërsa kërkesa për elektricitet e pajisjeve IT është në rritje të vazhdueshme, efikasiteti mundet vetëm që, në rastin më të mirë, ta ngadalësojë çlirimin e toksinave në ambient. Për të arritur reduktimin e nevojshëm që do të mbajë nën kontroll në nivele të sigurt çlirimin e dioksidit të karbonit, energjia e pastër prej burimeve të rinovueshme duhet të bëhet burimi i parë i ushqimit të infrastruktures IT. Një numër i vogël kompanish ka ndërmarrë hapa drejt investimeve në infrastrukturë për mbështetjen e energjisë së rinovueshme, por sektori në

tërësi aktualisht mbetet ende i orientuar drejt zgjerimit të shpejtë. Zëvendësimi i elektricitetit të prodhuar nga burime toksike me atë prej energjisë së pastër ngelet ende hallka që mungon në arritjen e sistemeve IT të qëndrueshme. Një sistem IT eficient në energji nuk është domosdoshmërisht Green, po ashtu jo vetëm furnizimi me energji të rinovueshme e bën një sistem green.

Gjysma e prodhimit global të elektricitetit realizohet nga centralet e qymyrgurit. Ka mbi 3000 centrale të tilla të mëdha në gjithë botën [16]. Tendenca e fundit është një investim më i madh në kapacitete për energji të rinovueshme se sa për qymyrgur, gaz dhe vaj dhe kjo rrugë e nisur nuk ka kthim. Pika e kthesës ndodhi në vitin 2013, kur globalisht u shtuan 143 GW kapacitet nga energji të rinovueshme kundrejt 141 GW kapacitet shtesë nga lëndët djegëse [17]. Parashikimet tregojnë përshpejtim të këtij ritmi rritje, dhe brenda vitit 2030 do të këtë 4-fishim të kapacitetit aktual të shtuar. Një ndihmesë për këtë është rënia e vazhdueshme e çmimeve për prodhimin e energjisë diellore dhe të erës. Pyetja nuk qëndron më nëse sistemi i furnizimit me energji do të kalojë në përdorimin e energjive të pastra, por sa kohë do të duhet për këtë.

Autoritetet qeverisëse në shumë vende të zhvilluara tashmë kanë vendosur standarte mbi buxhetin për prodhimin dhe përdorimin e energjisë së prodhuar nga burime të rinovueshme [18]. Kalifornia synon që brenda vitit 2020 të prodhojë 33% të totalit të energjisë elektrike nga burime të rinovueshme. Nju Xhersi synon reduktimin me 60% të koston kapitale për shpërndarjen e energjisë së rinovueshme të prodhuar [19]. Për më tepër, përmirësimi i efikasitetit të prodhimit të fuqisë, i cili aktualisht varion në 12-30% në varësi të llojit të burimit, si dhe reduktimi i parametrin kosto/W i energjisë së rinovueshme do të reduktojë ndjeshëm koston e zhvillimit të tyre në të ardhmen e afërt. Për shembull, efikasiteti i paneleve diellore pritet të trefishohet ndërsa raporti kosto/W pritet të përgjysmohet brenda vitit 2030 [19].

Kompanitë gjigante me Datacenter-at më të mëdhenj si Intel, Microsoft, Google, Apple, Facebook, Salesforce, Cisco, etj., janë duke dhënë shembullin e tyre mbi rëndësinë e përdorimit të energjisë së pastër për furnizimin e sistemit të tyre IT. Sipas një raporti të Laboratorit Kombëtar të energjisë së Rinovueshme (NREL) sasia e parave që

po i kushtohet shpenzimeve mbi blerjen e energjisë së rinovueshme nga sektori i TIK po rritet më shpejt nga çdo sektor tjetër [20].

Në Dhjetor 2015, Google ka çelur buxhetin për investimin më të madh financiar mbi blerjen e energjisë së rinovueshme, një total prej 842 MW fuqi blerë nga SHBA, Suedia dhe Kili. Aktualisht, Google citon se ende pa e nisur këtë projekt, ndodhet në 37% të qëllimit të saj për t'u mbështetur 100% mbi burimet e energjisë së rinovueshme brenda vitit 2025 [21], [22]. Ndërkohë Facebook ka si qëllim të furnizojë Datacenters e saj me 50% energji të rinovueshme deri në fund të vitit 2018, cituar kjo nga Zv. Presidenti i Facebook Jay Parikh. Sipas [23], Datacenter më i fundit i saj, i cili po ndërtohet në Texas, Korrik 2015 – Dhjetor 2016 është totalisht i bazuar në energjinë e erës, 200 MW blerë nga Citi Energy, Alterra Power Corporation, dhe Starwood Energy Group.

Përtej presioneve për reduktimin e konsumit tepër të madh të energjisë dhe çlirimit të dioksidit të karbonit, Datacenters ndodhen përpara disa mundësive unike për të aplikuar energjinë e rinovueshme, ndër të cilat mund të përmendim:

- 1) Shumë prej Datacenters moderne i ofrojnë shërbimet e tyre cloud nëpërmjet qendrave fizike të shpërndara gjeografikisht. Ata mund të shpërndajnë ngarkesën e punës në këto qendra në mënyrë të tillë që të përfitojnë maksimalisht nga larmishmëria e burimeve të energjisë së rinovueshme që ofron secila prej këtyre vendndodhjeve.

- 2) Datacenters që ofrojnë shërbime në cloud u pergjigjen një diapazoni të gjerë llojesh të ngarkesës së punës, duke përfshirë aplikacione jo elastike e të ndjeshme ndaj vonesave, si për shembull shfletimi në internet, si dhe aplikacione elastike dhe tolerante ndaj vonesave, si për shembull detyra përlllogaritjesh shkencore. Elasticiteti i ngarkesës së punës jep një mundësi zbutje të sfidës së integritetit të energjisë së rinovueshme, e cila nuk është e vazhdueshme. Kështu, detyrat më elastike mund të vonohen në periudha kur burimet e energjisë së rinovueshme janë më të bollshme, sigurisht pa e tejkaluar afatin brenda të cilit duhet të ekzekutohen.

3) Datacenters aktuale furnizohen me energji nga rrjeti elektrik, çmimi i të cilit ndryshon në kohë dhe vendndodhje. Energjia e rinovueshme është një mjet që mund të përdoret si zbutës ndaj rrezikut të rritjes së mëtejshme të çmimit të energjisë elektrike apo thjesht luhajtjes së tij, duke e përdorur atë si rezervë gjatë periudhave me kosto më të lartë të energjisë elektrike të rrjetit.

4) Çdo Datacenter është e pajisur me furnizues të pandërprerë energjie (UPS) në formën e baterive për të mbuluar furnizimin me energji në rast ndërprerje. Ndërsa bateritë janë të siguruara paraprakisht, ato mund të përdoren për të depozituar energjinë e prodhuar nga burimet e rinovueshme gjatë periudhave me prodhimtari të lartë dhe të furnizojnë gjatë periudhave kur energjia e rinovueshme nuk mjafton për të mbuluar shpenzimin faktik të energjisë.

Mënyra më e zakonshme e përdorimit të energjisë së rinovueshme është instalimi i pajisjeve për gjenerimin e energjisë së rinovueshme fizikisht pranë Datacenter. Kjo formë ka humbje minimale të transmetimit dhe shpërndarjes. Sidoqoftë, vendndodhja e Datacenter mundet të mos perkojë me një pozicion të favorshëm të gjenerimit të energjisë së rinovueshme, rast në të cilin energjia e rinovueshme blihet nga shpërndarës të saj që mund të ndodhen shumë larg Datacenter-it. Për të përfituar nga vendndodhja, shumë gjigandë Datacenters në ditët e sotme, si Google, Facebook, Microsoft, etj po ndërtojnë degë të tyre në pozicione të favorshme gjeografike për shfrytëzimin maksimal të burimeve të rinovueshme që ai vend ofron.

Mënyra alternative mundëson ndërtimin e stacioneve të prodhimit të energjisë së rinovueshme në vendndodhje të favorshme, si për shembull me shpejtësi të lartë të erës apo rrezatim të lartë diellor, etj. Energjia e prodhuar transmetohet nëpërmjet rrjetit elektrik drejt Datacenters konsumatore.

Përveç mundësive të mësipërme eksplicite të sigurimit të stacioneve të prodhimit të energjisë së rinovueshme, aktualisht ekzistojnë gjithashtu tre opsione implicite të përdorimit të energjisë së rinovueshme [24].

1) Marrëveshje blerje fuqie (“*Power purchase agreement*” – *PPA*), sipas së cilës mund të blihet një pjesë e energjisë së rinovueshme nga një stacion i caktuar për prodhimin e saj.

2) Kredite të energjisë së rinovueshme (“*Renewable energy credits*” – *REC*), produkte të tregtueshme e jo të prekshme të energjisë. Ajo çka ofrohet matet me 1 MWh elektricitet gjeneruar nga një burim i përshtatshëm.

3) Offset i dioksidit të karbonit, i cili ofron reduktimin e 1 ton dioksid karboni.

Tabela 1 paraqet koston në Dollarë dhe çlirimin e dioksidit të karbonit në gramë shprehur sipas madhësisë gCO₂e/kWh për PPA, REC dhe gjenerimin Diezel (DG) që përdoret si burim fuqie ‘backup’, kundrejt rrjetit tradicional elektrik.

Tabela 1: Krahasim i koston dhe emetimit të dioksidit të karbonit të burimeve të energjisë

Burimi i energjisë	Grid	PPA	REC	DG
Kosto (eu/kWh)	5	6	0.5	30
Emetimi i karbonit	586	0	0	1056

2.4.2 Sfidat aktuale dhe tendenca të kërkimit shkencor

Sfida kryesore e përdorimit të energjisë së rinovueshme është natyra e saj jo saktësisht e parashikueshme, e ndryshueshme në vlerë dhe jo e vazhdueshme. Për shembull energjia prej diellit është e disponueshme vetëm në kohë me diell dhe gjatë ditës. Edhe gjatë ditës, energjia që prodhohet është ekstremisht e luhatshme. Kalimi i një reje mund të ulë fuqinë e prodhuar nga paneli diellor nga 5 MW në 100 kW, që do të

thotë reduktim me 50-fish i sasisë së energjisë brenda pak sekondash. Karakteristikat e kërkesave në Datacenter i çojnë më tej sfidat që i aplikohen energjisë së rinovueshme:

1) Përdoruesit globalë kërkojnë shërbim 24x7. Ndërprerja e energjisë së rinovueshme paraqet problem për përdorues të vazhdueshëm 24 orësh dhe 7 ditë të javës të cilët kërkojnë shërbim nga Datacenter që ushqehen me burime të rinovueshme.

2) Kërkesat në Datacenter janë dinamike, gjë që kërkon furnizim po dinamik me energji. Ndaj, furnizuesi duhet të jetë elastik duke iu përshtatur ketyre kërkesave. Ndryshe nga energjia tradicionale prej rrjetit elektrik, energjia e rinovueshme është me statike dhe nuk mund të blihet/prodhohet sipas masës së kërkesës.

3) Përdoruesit kërkojnë shërbime me besueshmëri të lartë. Kjo shtron problemin e mundësimit të furnizimit me energji ndërkohë që energjia e rinovueshme është e pasigurtë ose në mungesë.

4) Menaxhimi automatik i burimeve. Kjo kërkon që sistemi të mund të zgjedhë dhe furnizojë automatikisht mes disa burimeve të disponueshme të energjisë.

Përpara instalimit të pajisjeve që sigurojnë energji të rinovueshme, është e nevojshme të përcaktohet nëse Datacenter dhe kërkesat për të mund të përshtaten me kushtet e energjisë së rinovueshme. Më pas, duhet përcaktuar sasia e nevojshme e energjisë që nevojitet për të furnizuar atë Datacenter specifik. Në përgjithësi, gjen vend përdorimi i baterive për të rezervuar energjinë e prodhuar të rinovueshme që nuk përdoret. Por për shkak të humbjeve në bateri, mënyra më efektive e maksimizimit të përdorimit të energjisë së rinovueshme është duke përputhur kërkesën me ushqimin. Kjo ngre probleme shumë interesante kërkimi shkencor. Një prej tyre është skedulimi i punës sipas një politike të tillë që t'i përshtatet parashikimit të energjisë së rinovueshme të disponueshme. Problematika të tjera trajtohen në seksionin në vijim.

Duke njohur problemet dhe fushat më të fundit të kërkimit, është e mundur të zbulohet pse, ku, kur dhe si mund të përdoren më mirë këto burime të pastra. Alternativat e derisotme që paraqiten si zgjidhje të së ardhmes në këtë kontekst, për përdorim maksimal të burimeve të rinovueshme, janë si më poshtë:

Burime të shumëllojshme ‘green’: Shumica e studimeve të sotme po fokusohen në përdorimin e energjisë prej diellit dhe erës. Sidoqoftë, shumë llojetë tjera burimesh të rinovueshme energjie, si psh. energjia e valëve, baticës, hidrogjenit, termike, nuk po konsiderohen sa duhet. Në veçanti, ‘qelizat djegëse’ që shndërrojnë energjinë e çliruar nga bashkimi i hidrogjenit me oksigjenin në energji elektrike, përbëjnë një burim të qëndrueshëm dhe parashikueshëm energjie, që ndryshon nga burimet e tjera jo të vazhdueshme në kohë. Përputhja e kërkesës së papërcaktuar për energji me burime të ndryshme furnizimi me energji në një mënyrë të përshtatshme është një nga zgjidhjet e synuara të së ardhmes së afërt.

Arkitektura të reja për furnizuesit e energjisë: Ka dy mënyra se si burimet e energjisë së rinovueshme mund të integrohen në rrjetin tradicional elektrik:

1) Duke transferuar switch-et: Datacenters moderne mund të ndërrojnë automatikisht burimet e energjisë duke përdorur “Switch-et e transferimit automatik” (STA) bazuar në një prag transferimi energjie të konfiguruar paraprakisht. Nqs furnizimi me energji bie nën një nivel pragu të paracaktuar, STA ndërron furnizimin me një lloj dytësor burimi energjie.

2) Lidhjet e rrjetit: Lidhjet e rrjetit kombinojnë elektricitetin e prodhuar nga burimet e energjisë së rinovueshme me atë të prodhuar nga rrjeti elektrik në të njëjtin qark për furnizim energjie. Nqs STA izolon elektricitetin prodhuar nga burimet e ndryshme të energjisë, lidhjet e rrjetit lejojnë që disa burime ta furnizojnë serverin. STA është një zgjedhje më e mirë për rastet kur energjia e rinovueshme me karakter të ndryshueshëm të izohet nga energjia e vazhdueshme e rrjetit.

Menaxhimi i ngarkesës së punës: një metodë për menaxhimin e përshtatshëm të ngarkesës është shërbimi ndaj kërkesave të ndjeshme ndaj vonesave kur ato gjenerohen dhe të shtyhet në kohë në mënyrë strategjike ofrimi i shërbimit për kërkesat tolerante ndaj shërbimit, duke garantuar që do të kryhen brenda afatit të parashikuar në kontratë. Depozituesit e energjisë mund të ruajnë energjinë e rinovueshme të prodhuar si dhe energjinë e rrjetit gjatë periudhave me çmim të ulët, duke optimizuar përdorimin e tyre. Gjithsesi, mbetet ende një sfidë projektimi i mekanizmave të përshtatshme të tarifimit në bazë të sasisë së disponueshme të energjisë së rinovueshme.

Menaxhimi i baterive: Disponueshmëria e energjisë së rinovueshme është e ndryshueshme në kohë. Pajisjet e depozitimit të energjisë (bateritë) mund ta zbusin këtë ndryshueshmëri. Por, bateritë pësojnë humbje të energjisë për shkak të vetë-shkarikimit dhe rezistencës së tyre të brendshme. Kjo përbën një problem jo pak të rëndësishëm. Në bollëkun e teknologjive të konservimit të energjisë, është i nevojshëm modelimi i rrugës së mesme mes kostos, dendësisë, kohëzgjatjes dhe efikasitetit. Veç kësaj, shumica e Datacenter të sotme përdorin bateri të centralizuara, ndërkohë që prirja më e fundit është përdorimi i baterive të decentralizuara, si psh Facebook përdor bateri në nivel raku ndërsa Google përdor bateri në nivel serveri. Një tjetër problematike e përdorimit të baterive është konvertimi jo efektiv i fuqisë AC/DC. Fuqia dërgohet nga rrjeti në formën AC e cila konvertohet disa here mes DC dhe AC për t'u ruajtur në bateri, duke shkaktuar humbje deri në 30% të energjisë. Një zgjidhje e mundshme në të ardhmen do të ishte përdorimi i sistemeve DC të shpërndarjes së fuqisë, gjë që do të reduktonte humbjet në sistem dhe do të maksimizonte përdorimin e energjisë së rinovueshme.

2.5 Standarte ndërkombëtare të “Green IT”

Çështja e efijencës energjitike në aspektin e kursimit të energjisë dhe ndikimit sa më të pakët në mjedis të mjeteve të teknologjisë së informacionit e ka origjinën që prej fillimit të viteve 1990. Të shumta kanë qënë standartet, projektet, konferencat, apo organizatat, të cilat kanë lënë gjurmë e kanë patur ndikim në historikun e “green IT”.

Në vijim, do të përmendim disa prej pikave kulmore në histori, në rend kronologjik, të cilat kanë ndryshuar perceptimin dhe mënyrën se si është implementuar teknologji me energji efikase dhe të pastër.

Energy Star, 1992

Pika e parë e referimit në historinë e “green ICT” ishte Programi “Energy Star” i Agjensisë së Mbrojtjes së Mjedisit (Environmental Protection Agency – EPA) në SHBA që u lançua në vitin 1992 [25]. “Energy Star” është një program me etiketim vullnetar i cili i dallon kompjuterat, monitorët dhe paisje të tjerabazuar në efikasitetin e tyre energjitike. Risia për të cilën njihet më së shumti “Energy Star” ishte paraqitja egjëndjes “sleep” në kompjutera nga prodhuesit që në fabrikim, për të realizuar një sasi më të lartë kursimi energjie. Gjendja e gjumit vendos paisjet elektronike të përdoruesit në gjendjen e mirënjohur “standby”nqs nuk po kryhet asnjë aktivitet përgjatënjë intervali kohor të paracaktuar. Rishikimet e specifikimeve të “Energy Star” të bëra në vitin 2007 vendosën kërkesa të rrepta për terealizuar normën e “Energy Star”. Specifikimet e reja përcaktuan përdorimin eficient të teknologjisë së informacionit me anë të direktivave të tilla si: reduktimi i “e-waste” të kompanisë, politika telecommuting, virtualizimi i burimeve server, llogaritja e kostos së përdorimit të energjisë, zgjidhjet e ashtuquajtura “thin client”, etj. Paisjet ekzistuese duhet të rikualifikohen për të merituar të drejtën e përdorimit të logos “Energy Star”.

Protokolli i Kyotos, 1997

Një ngjarje që ishte pikë referimi në historinë e teknologjisë së gjelbër është protokollin e Kyotos në 1997 për konventën e pozicionimit të Shteteve të Bashkuara të Amerikës në ndryshimet e klimës [26]. Ky protokoll urdhëron reduktimin e çlirimit të karbonit. Protokolli i Kyotos bëri që fabrikuesit e kompjuterave të ndërmerrnin auditë (kontrolle) energjie për të llogaritur elektricitetin e përdorur nga paisja përgjatë jetegjatësisë së saj dhe të përcaktonin sasinë e dioksidit të karbonit të rrezatuar për të kryer aksion riparues.

Kufizimi i substancave të rrezikshme RoHS, 2003

Adoptimi i Bashkimit Europian i kufizimeve të substancave të rrezikshme (Restriction of Hazardous Substances – RoHS) në Shkurt të vitit 2003 është gjithashtu një pikë referimi në historinë e teknologjisë së gjelbër [27]. Direktivate RoHS kufizojnë përdorimin e plumbit, mërkurit, kadmiumit, kromit hekszivalent, “polybrominated biphenyls” dhe “polybrominated diphenyl” në fabrikimin e paisjeve elektrike dhe elektronike. Implementimi i RoHS u krye nëpërmjet “Waste Electrical and Electronic Equipment Directive” (WEEE) në vitin 2005. Kjo direktivë vendosi qëllime për grumbullimin, riciklimin dhe restaurimin e të mirave elektrike, me synim reduktimin e mbetjeve toksike. Këto rregulla detyruan fabrikuesit të përdornin materiale të parrezikshme në prodhimin e seteve të çipeve, procesorëve dhe çipeve shoqëruese.

Electronic Products Environmental Assessment EPEAT, 2005

Këshilli i Elektronikës së Gjelbër (The Green Electronics Council), krijuar në 2005, u fokusua në probleme të veçanta lidhur me paisjet elektronike dhe qëndrueshmërinë (“sustainability”) dhe kërkoi rrugë ndërtuese.

Një nga produktet e Këshillit të Elektronikës së Gjelbër ishte mjeti i Kontrollit të Ambjentit të Produkteve Elektronike (EPEAT), një grup standartesh bazuar në Standartin IEEE 1680 për kontrollin e ambjentit për produktet kompjutera personale [28]. Këto standarte synuan të rrisnin efikasitetin dhe jetëgjatësinë e produkteve, duke minimizuar energjinë dhe aktivitetet e mirëmbajtjes përgjatë jetëgjatësisë së produktit.

Zhvillimi i EPEAT zgjati tre vjet dhe u mundësua nga fondet e Agjensisë së Mbrojtjes së Mjedisit (EPA) në SHBA dhe që atëherë ka krijuar një stimul prej 60 miliardë dollarësh për laptopë, desktopë dhe monitorë të gjelbër.

Industria dhe teknologjia e gjelbër

Historia e kohëve të fundit të teknologjisë së gjelbër është historia e disa udhëheqësve inovatorë të industrisë, të gatshëm për t’u bindur rregullores. Për të reduktuar çlirimin e karbonit që u kërkua nga protokollin e Kyotos në 1997, kompanitë si VIA promovuan

studime në burime energjie alternative si panelet diellore për t'u dhënë energji kompjuterave. Në 2001, VIA ndërtoi qendrën e parë të komunitetit 'cyber' në Paqësorin e jugut totalisht të përbërë nga teknologjia diellore [29].

Duke ndjekur rregulloren e RoHS, VIA mori në dorë zëvendësimin e plumbit me një përbërje argjendi dhe bakri. Paketa "Enhanced Ball Grid Array"(EBGA) e kompanisë VIA kontribuoi për zhvillimin e procesorëve me energji efikente, dhe paketa "Heat Sink Ball Grid Array"(HSBGA) kontribuoi për zhvillimin e çipeve me energji efikente. Këto procesorë me energji efikente prodhojnë mbi katër herë më pak karbon dhe janë të përputhshëm me paisjet e furnizuara me energji diellore.

Inteli mori avantazhin e software-eve të virtualizimit që lejojnë kombinim të sistemeve të ndryshme fizike në një makinë virtuale që punon një një sistem të vetëm bazë, duke reduktuar në mënyrë të ndjeshme konsumin e energjisë.

Dell rriti investimet në energjinë e rinovueshme të erës, diellit dhe gazit natyror, dhe ofron riciklim pa pagesë për përdoruesit. HP ka adoptuar përdorimin e rezinës së plastikës së ricikluar për fabrikimin e printerave dhe rezervave të bojës së printerit në një mënyrë madhore. Google dhe Intel themeluan inisiativen "Climate Savers Computing Initiative" në vitin 2007 [30], një grup pa qëllim fitimi i konsumatorëve të vetëdijshëm mbi çështjet ekologjike, bizneseve dhe organizatave, që synonin të reduktonin sasinë e çliruar të karbonit duke promovuar zhvillim, përhapje, dhe adoptim të teknologjive inteligjente dhe të përmirësonin efikasitetin e fuqisë së kompjuterave.

Organizata Greenpeace, 2012

Është një nga organizatat më të njohura mbi mbrojtjen e ekosistemit, e përhapur në 55 vende të botës, e cila ndër të tjera dhe veçanërisht në dekadën e fundit, synon ndërgjegjësimin e individëve dhe kompanive për konsumin e lartë energjitic nga sektori TIK dhe veçanërisht pasojat në ndotjen e ambjentit. Të shumtë janë artikujt e publikuar me statistika mbi sasinë e jashtëzakonshme të energjisë që shpenzohet nga Datacenters në vitet e fundit, dhe nxitjen se mbështetja 100% në burime të pastra të energjisë është një objektiv plotësisht i arritshëm brenda vitit 2050, mjaft të ekzistojnë vullneti i mirë dhe politikat e duhura [31]. Produktet e saj si "How dirty is your data", "How clean is your

cloud, 2012”, “Clicking clean, 2015”, “Energy (R)Evolution, 2015” [32, 33, 10,31] njihen si shtylla thelbësore informuese e sensibilizuese të cilave iu referohen shumë prej studiuesve e kërkuesve shkencorë të viteve të fundit të fushës së “green ICT”.

Ndër projektet e njohura mbi këtë fushë, me të cilat kam bashkëpunuar apo jam ndeshur me to gjatë kërkimit tim, mund të përmend: CoolEmAll (2011 – 2014) [34], NESUS (Network for Sustainable Ultrascale Computing) Work Group 5 [35], DC4Cities (2013 – 2016) [36]. Shumica e projekteve financohen nga Komisioni Europian nën çështjen e efikasitetit energjetic. Kjo përbën një nga objektivat e strategjisë “Europe 2020”, e cila konkretisht kërkon që brenda vitit 2020 të arrihet 20% kursim energjie të përdorur në Europë kundrejt parashikimit aktual të konsumit të energjisë, e njëvlershme kjo me shuarjen e 400 stacioneve europiane të prodhimit të fuqisë [37].

Konferenca

Dy nga konferencat më të cituara mbi ndryshimet klimaterike janë konferenca e Kopenhagenit mbajtur në vitin 2009 dhe Konferenca e Parisit mbajtur në Dhjetor 2015, në serinë e 21 konferencave të përvitshme të UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) [38]. Thelbi i këtyre konferencave me jehonë ndërkombëtare është kufizimi global i rritjes së temperaturës me 2 gradë nga rritja e parashikuar deri në vitin 2020, duke u fokusuar në efikasitetin energjetic dhe përdorimin e burimeve të pastra të energjisë në vend të lëndëve djegëse. Konferenca e Parisit pati pjesëmarrës nga 195 vende të botës dhe cilësohet si një pikë kthese në histori lidhur me qëllimin e reduktimit të fenomenit të ngrohjes globale.

2.6 Përmbledhje

Adoptimi i teknologjisë së gjelbërka tërhequr shumë vëmendje në vitet e fundit duke qënë se shumë kompani po kuptojnë që ky është interesi i tyre më i madh, nga ana e koston dhe e marrëdhënieve me publikun. Fabrikuesit e sotëm synojnë të përmirësojnë efikasitetin e energjisë duke sjellë projekte që minimizojnë shpërdorimin e fuqisë dhe reduktojnë ndotjen. Kompanitë reduktojnë sasinë e mbetjeve toksike në procesin e

fabrikimit duke përdorur materiale të riciklueshme dhe duke ofruar reduktimin e produkteve të vjetra. Përmirësime të mëtejshme në këto inisiativa të teknologjisë së gjelbër do të ndihmojnë ruajtjen e burimeve më të rëndësishme në botë në një mënyrë më të mirë. Aplikimi i teknologjisë së gjelbër ka ardhur nga një rrugë shumë e gjatë që e ka zanafillën në fillimet e 1990-tës. Një analizë e historisë së teknologjisë së gjelbër tregon që koncepti është akoma në faza fillestare dhe ka ende shumë rrugë për të bërë, por me siguri është rrugë pa kthim pas dhe me të ardhme tejet premtuese.

KAPITULLI 3

Punime të ngjashme

Në këtë kapitull do të ilustrohen të gjithë punimet të cilëve iu jam referuar për të thelluar njohuritë mbi kërkimin shkencor aktual si dhe cilat janë hapësirat për risi e kontribut. Studimet e përfshira në vijim kategorizohen në 4 nivele: 1) “Green Datacenter”, 2) integrimi i energjisë së rinovueshme në Datacenter i cili në vetvete shtrон dy çështje kryesore: skedulimin e punëve dhe skedulimin e burimeve energjitike, 3) karakterizimi i ngarkesës së punës dhe 4) “power capping”. Këto 4 tematika janë të ndërlidhura brenda sistemit të menaxhimit të konsumit energjistik të Datacenter në përputhje me kërkesat për mbrojtjen e ambjentit. Punimet referencë konsiderohen një ndihmesë e vyer për vijimësinë e këtij studimi që mbulon ky disertacion.

3.1 Green Datacenter

Periudha 2010 – 2015 shënon një rritje të konsiderueshme të vëmendjes nga akademikë dhe organizata raportuese mbi fushën e efijencës energjitike të sistemeve dhe infrastrukturës ku bazohet “Cloud Computing”. Në një studim të thelluar, të kryer me qëllim njohjen dhe përmbledhjen e studimeve më të fundit në fushën e efijencës energjitike, përzgjedhëm 54 artikuj me vit publikimi 2010 – 2013, periudhë gjatë së cilës vihet re një ndryshim rrjedhe mbi interesin dhe rëndësinë që i është dhënë çështjes së uljes së konsumit energjistik në Datacenter. Kërkimi u krye mbi bazën e kërkimeve në bazën e të dhënave IEEE, ACM dhe Google. Fjalët kyçe që u përdoren në kërkim ishin “konsumi energjistik, konsumi i fuqisë, datacenter / cloud të gjelbër” (përkateset në anglisht “energy consumption, power consumption, green datacenter / cloud”). Gjithashtu, ne morëm në shqyrtim 4 konferenca të rëndësishme mbi “Cloud Computing” që janë “International Conference on Cloud Computing”, “IEEE GreenCom Conference”, “IEEE Cloud”, dhe “International Conference on Cloud and Green Computing” për të

rezultuar në pasqyrimin e numrit total të publikimeve që kanë lidhje me fushën tonë të interesit për çdo vit të kësaj periudhe 4 vjeçare.

Klasifikimi i punimeve u krye sipas platformës së shtjelluar në Tabelën 2, bazuar në literatura të ngjashme si dhe sistemin e klasifikimit ACM mbi “computing” [39]. Dy fushat kryesore të studimit janë artikuj të mirëfilltë shkencorë të shkruar nga kërkuesit shkencorë të Institucioneve akademike ose sektori i industrisë, si dhe raporte të zhvilluar dhe publikuar nga organizata në mbrojtje të mjedisit, pa përjashtuar publikimet edhe nga vetë ofruesit industriale të shërbimeve “cloud”.

Tabela 2: Skema e klasifikimit të publikimeve në 2 fusha dhe 5 nën-fusha

Fusha	Nën-Fusha
1) Artikuj shkencorë	1. Përmbledhje 2. Përmirësime të teknologjive ekzistuese 3. Projektme inovative
2) Raporte	4. Ndikimi në mjedis 5. Perspektiva të operatorëve ofrues të shërbimit “Cloud”

Nën-fushat e mëtejshme sipas secilës prej kategorive kryesore ndahen në: përmbledhje (“review”), përmirësime të teknologjive ekzistuese dhe projektme inovative për sa i përket fushës së parë. Ndërsa fusha e dytë, specifikisht mbulon raportet mbi ndikimin në mjedis të konsumit të lartë energjitik ekzistues, si dhe raporte nga ofrues të shërbimeve “cloud” si IBM, Dell, Google, etj.

Tabela 2 ilustron numrin e publikimeve për secilën prej kategorive të lartpërmendura. Siç vihet re qartë nga Tabela 3, në dritaren kohore 2010 – 2013 mund të vemë re një pikë kthese në historinë e vëmendjes që ka marrë fusha e efijencës energjitike në kërkimin shkencor.

Tabela 3: Numri total i publikimeve për çdo vit mbi efikasitetin energjetic në
Datacenter

Viti	Numri total i publikimeve	Artikull / Raport	Përqindja Artikull / Raport
2010	6	4 / 2	67 / 33
2011	10	6 / 4	60 / 40
2012	17	15 / 2	89 / 11
2013	21	18 / 3	86 / 14
Totali	54	43 / 11	77.5 / 22.5

Pikërisht, në këtë periudhë ka patur një rritje të vazhdueshme të numrit të publikimeve deri në 50% të vitit të kaluar për çdo vit, duke rezultuar në një numër total afro 4 herë më të madh në vitin 2013. Gjithashtu, mund të dallohet se 77.5% janë artikuj shkencorë dhe 22.5% e totalit të numrit të publikimeve janë raporte. Vihet re se gjatë viteve 2010 – 2011 ka patur një rritje konstante të artikujve shkencorë dhe raporteve, ndërsa në vitet 2012 – 2013 ka një rënie të numrit të raporteve dhe rritje me 2.5 herë të numrit të kërkimeve shkencore mbi fushën e interesit. Kjo e dhënë shfaqet qartë në Figurën 3.1.

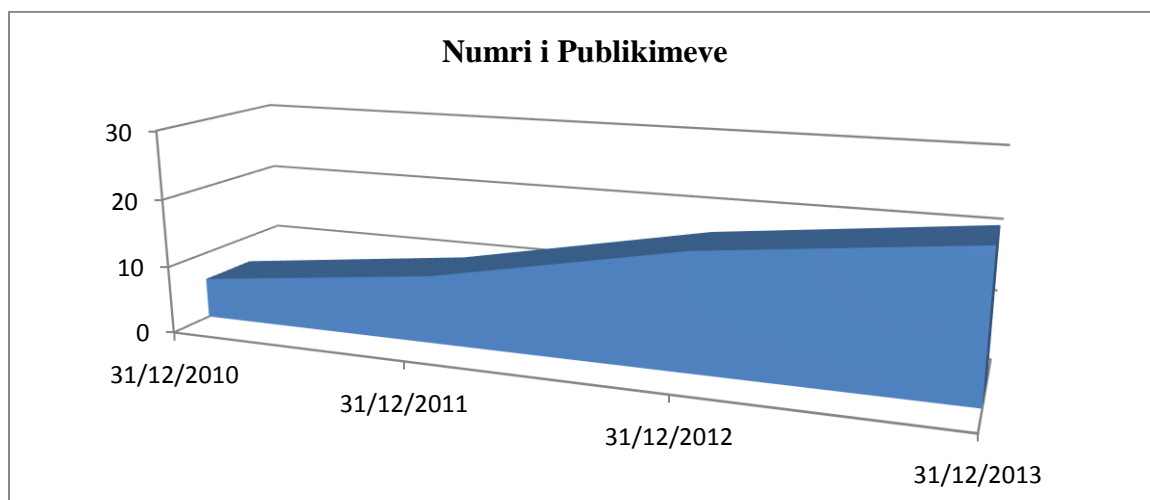


Figura 3.1: Numri total i publikimeve për çdo vit në periudhën 2010 – 2013

Ne e argumentojmë këtësi rezultat i ndikimit të ndërgjegjësimit që raportet e publikuara kanë sjellë te kërkuesit shkencorë.

Një tjetër tregues mbi rritjen e interesit dhe vëmendjes në kërkimin shkencor mbi çështjen e energjisë në Datacenter është numri total i publikimeve në 4 konferencat e përzgjedhura. Shifrat që flasin për këtë proces janë: 2 publikime në vitin 2010, 36 artikuj në vitin 2011 dhe 40 studime në vitin 2012.

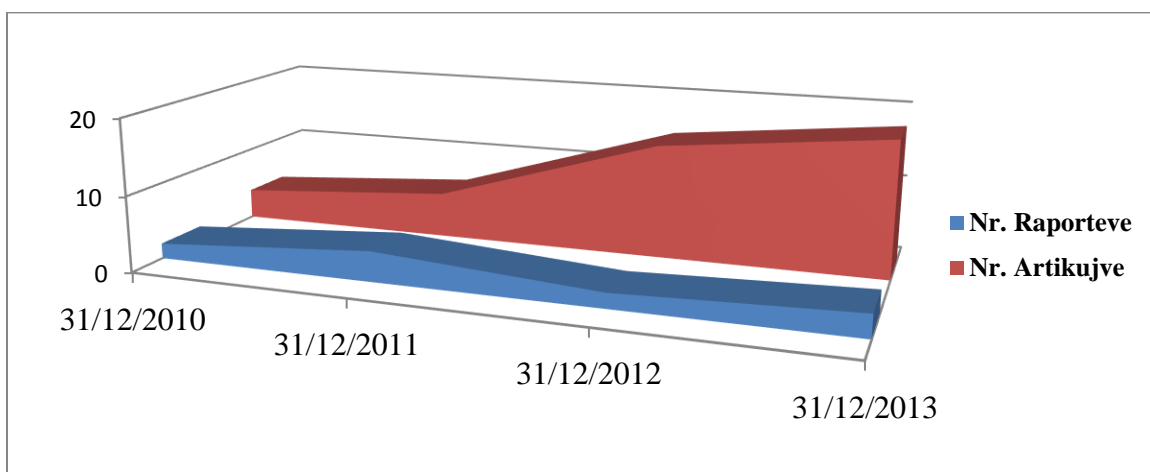


Figura 3.2: Numri total i raporteve dhe artikujve për çdo vit, periudha 2010 – 2013

Për secilën prej nënfushave të përmendura më lart, në vijim do të analizojmë strategjitë dhe fokusin e kërkimit të tyre.

1.Artikujt shkencorë: kjo fushë përmbledh kërkimet më të fundit akademike dhe industriale në fushën e konsumit energjitik në Datacenter duke u fokusuar në teknika, konceptime apo projektme të reja, si dhe përmirësime mbi teknologjitë ekzistuese. Konkretisht, kjo kategori ndahet në 3 nën-fusha si vijon:

1.1 Përmbledhje: kjo nën-fushë konsiston në studime që kanë si qëllim të pasqyrojnë situatën studimore në çështjen e energjisë në Datacenter dhe shërbimet e ofruara mbi to. Këto punime klasifikojnë teknikat apo zgjidhjet hardware dhe software aktuale të fushës. Shembuj të tillë janë artikujt [40],[41], [42], [43], [44].

1.2 Përmirësime të teknologjisë ekzistuese: këto punime fokusohen në implementimin e teknikave të optimizimit siç janë virtualizimi dhe konsolidimi [45],

[46], [47], [48]. Konkretisht, këto punime studiojnë dhe vlerësojnë disa aspekte të Datacenters që në mënyrë direkte ose indirekte kanë ndikim në çështjen e energjisë si psh: trafiku i rrjetit [49], shpejtësia dhe qëndrueshmëria e Datacenter [50], luhatjet e konsumit të fuqisë dhe piku e minimumi i saj [51], buxhetimi i fuqisë [52], rritja e ndërgjegjësimit për çështjen e energjisë [53].

1.3 Projektme inovative: kjo nënkategori përfshin studime që paraqesin përjasje dhe perspektiva të reja për zgjidhjen e problemit [54], sisteme të menaxhimit të burimeve [55], software me qëllim simulimi [56], algoritma dhe mekanizma për platforma të reja që marrin parasysh eficientë energjitike në funksionimin e tyre [57], metodologji të reja për përmirësimin e eficientës energjitike [58], lloje të reja të energjisë që mund të përdoren për të furnizuar Datacenters [59], arkitektura të reja [60], apo software të reja për monitorimin dhe menaxhimin e fuqisë së Datacenters [61], [62], [63].

2. Raportet: kjo fushë përfshin raportet më të fundit të fushës së konsumit të energjisë në Datacenter, duke u fokusuar në ndikimin në mjedis që infrastruktura Datacenter ka në periudhën në fjalë, tendencat për të ardhmen, statistika ndërgjegjësuese, etj. Gjithashtu, në këtë kategori shprehen dhe raportet e operatorëve dhe ofruesve të shërbimeve bazuar në Datacenter lidhur me avantazhet dhe disavantazhet e shërbimeve të përqëndruara nga një infrastrukturë e vetme për eficientë energjitike.

2.1 Ndikimi në mjedis: kjo nënkategori përfshin publikime që theksojnë problematikën e konsumit të lartë të energjisë nga Datacenter dhe se si tendenca aktuale e zgjerimit dhe popullimit të Datacenter përbën një rrezik tejet të lartë për mjedisin. Gjithashtu, fokusi i tyre shkon mbi energjinë e shpenzuar më kot, e cila mund të përdoret për nevoja të tjera. Një pjesë e mirë e këtyre studimeve ofrojnë konsiderata të reja për ndërtimin e Datacenter që respektojnë ambientin (“green Datacenter”).

Organizatrat kryesore apo kompanitë që po kontribuojnë në këtë aspekt janë: Greenpeace, U.S. Energy Information Administration, Analytic Press, Dimension Data.

2.2. Perspektiva të operatorëve ofrues të shërbimit “Cloud”: në këtë nënkategori do të përmendim IBM, Dell dhe Google Reports. IBM paraqet Strategjinë e Menaxhimit të

energjisë që ka aplikuar në Datacenter e saj, në raportin e publikuar në vitin 2011 [64]. Dell shfaq idetë inovatore mbi përdorimin e teknikave siç janë konsolidimi dhe hyperscale hardware, virtualizimi, zgjidhje të integruara për konsum më të ulët të fuqisë nëpërmjet projekteve më të mira hardware [65]. Ndërsa Google paraqet një perspektivë krejt të re mbi faktin se si vetë cloud computing është një faktor ndihmues dhe mund të shihet si pjesë e zgjidhjes drejt një të ardhme më eficiente në aspektin e energjisë. Sipas [66], migrimi në Cloud mund të gjenerojë kursime të energjisë që shkojnë në shifra 68 – 87% për kompani mesatare dhe kursime monetare vjetore prej 12.3 miliardë \$. Gjithashtu, shfrytëzimi i shërbimeve cloud, ofruar përmes Datacenter, llogaritet t'i kursejë ambientit 85.7 milionë ton deri në 2020 që do të lëshohet nga kompanitë e mëdha në SHBA.

3.2 Furnizimi i Datacenter me energji të rinovueshme

Periodha pas vitit 2013, me evoluimin e kërkimit shkencor mbi eficientë energjitike, karakterizohet gjithnjë e më shumë nga studime që tentojnë të përfshijnë energjinë e rinovueshme si furnizues për Datacenter. Propozimet e sjella në këtë drejtim kanë sjellë sfida të reja të cilat adresohen nëpërmjet përmbledhjes në seksionet 3.2 dhe 3.3 të këtij disertacioni.

Studimet e fundit e kanë trajtuar gjithnjë e më shpesh temën e përdorimit të burimeve të ndryshme të energjisë, kryesisht të rinovueshme, për furnizimin e Datacenters. Ka dy kategori kryesore qasjesh në lidhje me këtë fushë. E para përfshin studimet që konsiderojnë menaxhimin e ngarkesës së punës në një Datacenter të vetme, në mënyrë që punët të ekzekutohen gjatë kohës kur ka nivel më të lartë të disponueshmërisë së rinovueshme të energjisë. Qasja e dytë konsideron Datacenters të shpërndara gjeografikisht. Qëllimi është për të shpërndarë dhe për të migruar punët ndaj vendndodhjeve të Datacenter-ave që ofrojnë kushtet më të mira për përdorimin më të lartë të energjisë së rinovueshme. Pra, në aspektin e tipit të infrastrukturës në fokus, ka 2 kategori kryesore, që sjellin sfidat me zgjidhjet e tyre përkatëse:

- **Zgjidhje aplikuar mbi një Datacenter të vetme:** Në këtë drejtim studimi, synohet që kurba e ngarkesës së punës të përputhet me kurbën e energjisë së rinovueshme në kohë, duke planifikuar të shtyhet në kohë puna jo urgjente, gjatë periudhave kur ka me shumë energji të rinovueshme të disponueshme. Ndër punimet e tilla do të përmendnim: studim i projektit DC4Cities, aplikuar mbi simulator [67], [68] që sjell 12% rritje të përdorimit të energjisë së rinovueshme, implementim real mbi 16 servera [69, 70, 71] që sjell reduktim të përdorimit të energjisë nga rrjeti tradicional me 73%.

- **Zgjidhje aplikuar mbi disa Datacenter të shpërndara gjeografikisht:** sipas këtij drejtim studimi, synohet migrim i punëve drejt Datacenter që disponon nivel më të lartë të energjisë së rinovueshme me kosto minimale, apo me nivelin më të lartë të disponueshëm. Raste konkrete kërkimi shkencor shprehet në publikimin [72]. Ndërsa [73] realizon migrimin e punëve drejt Datacenter që disponon nivel më të lartë të energjisë së rinovueshme dhe kushtet më të mira për ftohjen e DC, duke përdorur algoritma gjenetike.

Një emërtim tjetër për Datacenter të shpërndara gjeografikisht, ku puna kryhet nga qendra më e leverdisshme është përfaqësuar “Follow the Sun” (Ndiq Diellin). Një shkrim i vitit 2009 nxjerr në pah se si strategjia “Follow-The-Sun” po gjen aplikim në Cloud. Në fakt të gjitha strategjitë e emërtuara si "follow-the-sun", "follow-the-wind" (Ndiq erën), "follow-the-moon" (Ndiq hënën) dhe "follow-the-kilowatt" (Ndiq kilovatin) janë politika vepruese në Cloud që kanë si qëllim zhvendosjen e punës përlllogaritëse në mënyrë dinamike përreth globit për balancimin e kërkesave për burime duke shfrytëzuar vende me çmim energjie më të ulët. Me gjithë teoritë spekulative, rastet e para të implementimit të kësaj strategjie janë parë që në vitin 2009, duke përmendur këtu një Datacenter komerciale Amadeus, me qendër në Madrid, Spanjë, e cila promovon në mënyrë eksplicite veprimet “follow-the-sun”. William Hayles, në një shkrim të publikuar në Shkurt 2016 [74] nxjerr në pah se si strategjia “Follow the Sun” po ndihmon në rritjen e efikasitetit të Cloud, bazuar në infrastrukturën Datacenter. Veç përfitimit të kostos më të

ulët për shkak të çmimit më të ulët të energjisë, një anë tjetër pozitive është rrugëzimi i kërkesës në qendrën që disponon prezencën më të madhe të energjisë së rinovueshme.

Dy kategori të tjera në të cilat mund të ndahen studimet dhe kërkimi shkencor janë implementimi real i një Datacenter të gjelbër, pra bazuar në energji të rinovueshme për furnizim, ose implementim virtual i këtij ambjenti dhe algoritmave për ta menaxhuar atë nëpërmjet një simulatori.

Implementime konkrete të “Green Datacenter”. Studiuesit në universitetin Rutgers [70] kanë prezantuar Parasol dhe GreenSwitch, një platformë studimi për një prototip qendre të dhënash të gjelbër. Ajo konsiston në software-in GreenSwitch që punon mbi një hardware të vërtetë qendre të dhënash, Parasol. Synimi i tij është reduktimi i kostos totale të qendrës së të dhënave duke menaxhuar siç duhet ngarkesat dhe burimet e energjisë për të arritur përfitimin maksimal. Gjithashtu, studion kërkesat e hapësirës dhe koston kapitale të vetë-gjenerimit me anë të energjisë së erës dhe të diellit. Në mënyrë të ngjashme, [75] ka prezantuar Blink, një implementim fizik të përdorimit të fuqisë së përhershme për të furnizuar një ‘cluster’ prej 10 laptopësh nga dy mikro-turbina ere dhe dy panele solare, të suportuara nga energjia amortizuese e baterive të vogla 5-minutëshe. Labororet e HP-së kanë krijuar 4 qendra të dhënash prej serverash pjesërisht të furnizuar nga panelet diellore [76]. Qendra e të dhënave fuqizohet nga rrjeti elektrik kur energjia diellore nuk është e pranishme.

Në kontrast me këto implementime reale, ajo çfarë realizohet në studimin e këtij disertacioni është simulimi i skenarëve të ndryshëm eksperimentalë për të testuar optimizimin e përdorimit të energjisë së rinovueshme për furnizimin e Datacenter.

Simulatorë për qendrat e të dhënave të gjelbra. Michael Brown dhe Jose Renau kanë paraqitur ReRack [77], një infrastrukturë simulimi e zgjerueshme e cila mund të përdoret për të vlerësuar koston e energjisë të qendrës së të dhënave që përdor burime energjie të rinovueshme. Gjithashtu përfshin një modul optimizimi për të gjetur kombinimin më të mirë e burimeve të rinovueshme që minimizojnë koston. Yanwei

Zhang et al [72] zhvilloi GreenWare, një sistem ‘middleware’ që kondukton kërkesat dinamike “dispatching” për të maksimizuar përqindjen e energjisë së rinovueshme të përdorur për të fuqizuar një rrjet qendrash të dhënash të shpërndara, bazuar në çmime elektriciteti që varen nga koha dhe disponueshmëria e energjisë së rinovueshme në vendndodhjet e tyre gjeografike. Gjithashtu konsideron çmimet e ndryshme për kWh të energjisë diellore dhe të erës në vendndodhje të ndryshme gjeografike të qendrave të të dhënave, duke shpërndarë ngarkesën në mënyrë që të arrihet kostoja totale më e vogël e mundshme.

Ndërsa në studimin tonë, ne nuk zhvillojmë një simulator por fokusohemi te studimi, nëpërmjet një simulatori, i lidhjes mes masës së burimeve të energjisë së rinovueshme dhe konsumit të energjisë në qendrat e të dhënave për një mbulim të caktuar me energji të rinovueshme.

Në vijim do të listojmë disa nga punimet specifike që janë përdorur për referencë krahasuese në kapitullin e eksperimenteve. [67] prezanton një skemë të re bashkëpunimi mes “smart city” (qytet inteligjent) dhe Datacenters. Ky studim rezulton nga arritjet e projektit DC4Cities. Synimi i tij është të riorganizojë ngarkesën në mënyrë që të përshtasë formën e kurbës së furnizimit të energjisë së rinovueshme dhe të minimizojë konsumin e energjisë të ashtuquajtur “kafe” (që nënkupton energjinë e prodhuar nga burime jo të pastra), duke parashikuar gatishmërinë e energjisë së rinovueshme në të ardhmen. Për të arritur këtë, ata ndërtuan një skedulues të zgjuar i cili përshtat dy parametra: faktorin konsolidues dhe frekuencën e migrimit, bazuar në parashikimet e energjisë së rinovueshme. Ngarkesa e përdorur për të vënë në punë eksperimentet ishte e orientuar në bazë të detyrave (“tasks”) dhe shërbimeve. Si rezultat, përqindja e energjisë së rinovueshme të konsumuar nga Datacenters u rrit deri në 23.25% krahasuar me skeduluesit jo inteligjentë. T. Cioara et al. prezantojnë në punimin e tyre [68] një mekanizëm fleksibël për të zhvendosur profilin e kërkesave të enegjisë së Datacenter-it në intervale të ndryshme kohë me prodhim të limituar të energjisë së rinovueshme kur kulmi i prodhimit është parashikuar. Një plan ditor veprimi është ndërtuar një ditë më

parë, për t'u korrigjuar çdo 4 orë, dhe të paktën një kontroll bëhet çdo 15 minuta. Ngarkesa konsiderohet në kohë reale dhe tolerante ndaj vonesës. Për 24 orë simulim, rezultatet tregojnë që përdorimi i energjisë së rinovueshme është rritur me 12%, i cili përkthehet në 2845 kg karbon i reduktuar.

Ndërkohë që përmendëm, punët [67] dhe [68] janë implementuar në simulatorë, [69], [70] dhe [71] përfaqësojnë studime, algoritmi i të cilave është implementuar në infrastrukturë të vërtetë fizike. Një Datacenter i vërtetë i përbërë nga 16 servera është ndërtuar nga studiuesit në universitetin Rutgers.

Autorët prezantojnë GreenHadoop [69], një strukturë MapReduce për një Datacenter të fuqizuar nga një grup panelesh diellore fotovoltaike dhe një rrjet elektrik si rezervë. Ajo synon të rrisë konsumin e energjisë së pastër dhe të ulë koston e elektricitetit në krahasim me Hadoop. Përdoruesit, për çdo punë të ngarkesave që sjellin për shërbim, vendosin një nga pesë klasat e prioritetit: shumë e lartë, e lartë, normale, e ulët dhe shumë e ulët. Rezultatet tregojnë që konsumi i energjisë së gjelbër është rritur deri në 31% dhe kostoja e elektricitetit është ulur 39% krahasuar me Hadoop. Mbi të njëjtin hardware, autorët prezantojnë GreenSwitch [70] dhe GreenSlot[71]. GreenSlot është skedulues për një grup punësh paralele, që parashikojnë sasinë e energjisë dillore që do të jetë e disponueshme në të ardhmen e afërt, dhe skedulon ngarkesën për të maksimizuar konsumin e energjisë së gjelbër ndërkohë që mbërrin afatet kohore të punëve. Nëse energjia elektrike duhet përdorur për të shmangur shkeljet e afateve kohore, skeduluesi zgjedh kohën kur është më e lirë. Dy lloje ngarkesash, secila prej tyre kategorizohet në të spostueshme në kohë dhe jo të spostueshme në kohë, janë vënë në punë për 24 orë simulim. GreenSwitch [69] është një arritje bazuar në model, e cila shërben për të skeduluar dinamikisht ngarkesën e punës dhe për të zgjedhur burimin e energjisë për të furnizuar platformën e zgjedhur hardware (me emrin Parasol).

Studime si [72] dhe [73] adresojnë punë skedulimesh mbi Datacenters të shpërndara gjeografikisht në mënyrë që të shfrytëzojnë maksimumin e kapacitetit të energjisë së rinovueshme. Zhang et al. propozon GreenWare [72], një sistem i ri middleware bazuar në algoritme dërgimi kërkesash në mënyrë efikente. Synon të maksimizojë përqindjen e

energjisë së rinovueshme të përdorur për të fuqizuar një rrjet Datacenters të shpërndarë, me kushtëzime të kostos së buxhetit të operatorit të shërbimit të Internetit. Duke përdorur dokumente gjurmimi që përfaqësojnë ngarkesën e kërkesave në web për Wikipedia në një interval kohe 2 mujore, simulimi është vënë në punë në mbi 4 qendra të dhënash të shpërndara. Si rezultat i GreenWare, përqindja e energjisë së rinovueshme të përdorur u rrit në mënyrë domethënëse nën limitet e kostos. Në mënyrë të ngjashme, autorët e [73] regjistruan një rritje të përdorimit të energjisë së rinovueshme, duke konsideruar kushtet më të mira të ftohjes së vendndodhjeve të Datacenter-ave.

Në aspektin e menaxhimit të ngarkesës së punës: Aksanli et al. [78] projekttoi një metodologji për skedulimin e punëve në qendrat e të dhënave që thekson në mënyrë efektive parashikimin e energjisë së gjelbër, e cila aktivizon shkallëzimin e numrit të punëve sipas disponueshmërisë së energjisë së rinovueshme. Ata zhvillojnë një platformë simulimi diskrete të bazuar në evente për të aplikuar këtë metodologji në qendra të dhënash që konsistojnë nga qindra servera. Liu et al. [79] vlerëson impaktin e balancimit gjeografik të ngarkesës dhe rolin e depozitimit duke ulur koston e energjisë së rrjetit tradicional. Autorët gjithashtu sugjerojnë përzierjen optimale të energjisë së rinovueshme për të fuqizuar sistemet e shkallëzueshme në Internet duke përdorur (thujtë) vetëm energji të rinovueshme.

Menaxhimi i burimeve të energjisë për qendrat e të dhënave të gjelbra. Studiuesit e Universitetit të Floridës, IDEAL Lab, propozuan iSwitch [80], një skemë të re akorduese të ngarkimit të fuqisë në mënyrë dinamike për menaxhimin e burimeve të energjisë së rinovueshme. Studimi prezantoi një sistem metrik për përdorimin e energjisë së rinovueshme, të përkufizuar si $(PL/PR) \times 100\%$, ku PL është sasia e fuqisë së rinovueshme të përdorur nga ngarkesa dhe PR është totali i gjenerimit të energjisë së rinovueshme. Në vend të kësaj, në këtë disertacion studiojmë një parametër tjetër të quajtur Përqindja Minimale Furnizuese (PMF) që është përqindja e konsumit total të

energjisë që mundësohet nga energjia e disponueshme e rinovueshme, e dhënë si energji e rinovueshme pjestuar nga konsumi i energjisë i konvertuar në përqindje.

Studimet në përdorimin e baterisë në qendra të dhënash, [81, 82, 83], janë të prirura gjithashtu për të optimizuar menaxhimin e energjisë dhe për të minimizuar koston e energjisë.

3.3 Karakterizimi i ngarkesës së punës

Njohja e modeleve të ngarkesës së punës është thelbësore për menaxhimin e burimeve të Datacenter, për rrjedhojë edhe menaxhimin e konsumit të fuqisë prej secilit prej përbërësve të saj.

Qendrat e të dhënave moderne mundësojnë shërbime të ndryshme si strehimi i aplikacioneve web, Video on Demand (VoD), lehtësira të Cloud Computing [84]. Këto shërbime kanë kërkesa të ndryshme llogaritëse dhe komunikuese. Ngarkesat tipike të punës sipas [85] ndahen në dy kategori të mëdha:

- *Aplikacione web*: Motorr kërkimi, rrjetet sociale, e-commerce, media streaming, etj
- *Aplikacione shkencore*: kryesisht HPC (High Performance Computing)

Ndërkohë, sipas [86, 87, 88] ngarkesat në qendrat e të dhënave mund të klasifikohen në tre kategori të mëdha:

- a) ngarkesat e balancuara,
- b) ngarkesat me përlllogaritje intensive (CIW), dhe
- c) ngarkesa me të dhëna intensive (Data Intensive Workload).

Ngarkesat e balancuara janë gjeneruar nga aplikacione që kanë kërkesa komunikuese dhe përlllogaritëse si sistemet e informimit gjeografik. CIW janë gjeneruar nga aplikimet që kërkojnë performancë të lartë përlllogaritëse (HPC). Qendrat e të dhënave që strehojnë keto aplikime kanë kërkesa të larta për fuqi llogaritëse (servera), ndërkohë që kërkesat e komunikimit janë minimale. Teknikat për eficientësi të energjisë në këto qendra të dhënash fokusohen në switch-et sepse serverat duhet të fuqizohen në mënyrë që të takojnë

kërkesat përlllogaritëse. Një shembull i DIW është ai i gjeneruar nga kontenti dhe aplikimet VoD (Video on Demand). YouTube është një nga aplikimet e të dhënave VoD me kontentet më të mëdha të gjeneruara nga përdoruesi (UGC) [84]. DIW kërkon një ‘bandwidth’ me kapacitet të lartë dhe vonesë të vogël për transferim eficient të dhënash, ndërkohë që kërkesat përlllogaritëse janë minimale. Teknikat e energjisë eficiente në këto qendra të dhënash përqendrohen në server sepse switch-et duhet të fuqizohen në mënyrë që të përmbushin kërkesat e larta të transferimeve të të dhënave.

Parashikimi i ngarkesës së punës është një nga mjetet e përdorura shpesh me qëllim skedulim sa më efikas të kërkesave të përdoruesve, duke u alokuar atyre burime përpunuese në bazë të fluksit të parashikuar. Gjithashtu, një synim tjetër është përshtatje sa më e mirë me burimet e disponueshme të energjisë, duke tentuar të detyrosh kryerjen e disa punëve në një moment kohe ‘ t ’ apo në një moment tjetër në kohë duke ditur se në momentin ‘ $t+x$ ’ pritet të ketë fluks ngarkese apo mungesë energjie. Ndaj, njohja e modelit të ngarkesës së punës duhet të synojë kategorizim sipas nivelit të urgjencës kur puna duhet kryer. Në këtë kontekst, punët ndahen minimalisht në dy kampe kryesore: urgjente, pra u duhet alokuar burimi i kërkuar sapo vjen kjo kërkesë, dhe punë të cilat mund të presin në kohë. Kampi i dytë të mundëson të aplikosh algoritma për menaxhimin e ngarkesës së punës në një formë të tillë që të mundësojë përdorim sa më efektiv të burimeve të disponueshme.

Ngarkesa e zgjedhur për të vënë në punë eksperimentet në kuadër të studimit shprehur në këtë disertacion përfaqëson një riprodhim sintetik të ngarkesës së Google, të shkallëzuar mbi parametrat e qendrës tonë të të dhënave të simuluar. Një dokument gjurmues i aktivitetit të Google është publikuar në 2011, duke dhënë informacion të detajuar për 12.000 servera të Google që shkaktojnë trafik për 29 ditë, duke përpunuar tipe të ndryshme aplikacionesh. Këto ngarkesa të dhënash janë studiuar në mënyrë që të njihen karakteristikat e tyre, duke ndërtuar një model karakteristik bazuar mbi disa parametra si: toleranca ndaj vonesës, koha mes ardhjes së dy punëve të njëpasnjëshme, kohëzgjatja e punëve, kërkesat për burime, etj. Gjetjet kryesore të punimeve [89, 90, 91,

92] janë përdorur në ngarkesën model të përdorur në këtë studim për të prodhuar struktura të ngjashme me ngarkesën e Google. Karakteristikat konkrete të këtij modeli ngarkese pune jepen në Kapitullin 4 të këtij disertacioni.

Sipas [90], janë tre llojë gjatësie tëpunëve: e shkurtër, mesatare dhe e gjatë. Punët e shkurtra dhe mesatare, edhe pse ndodhin më shpesh sesa punët e gjata, përdorin më pak burime se sa punët e gjata. Autorët e [89] tregojnë që janë 4 klasa ndjeshmërie ndaj vonesës: 70% kategori 0 që domethënë punët janë tejet tolerante ndaj vonesës, 12% kategori 1, 15% kategori 2, dhe 3% kategori 3. Kjo tregon që 3% e punëve të ngarkuara nga përdoruesit nuk tolerojnë asnjë vonesë, ato duhet të vihen në punë urgjent. Këto të dhëna tregojnë fakte premtuese që kanë të bëjnë me punët toleruese ndaj vonesave, që përbëjnë shumicën e ngarkesave. Lidhur me përdorimin e burimeve, janë tre lloje punësh që përdorin burimet: të vogla, mesatare dhe të “uritura” ose agresive për burime. Vetëm 30% e punëve kërkojnë minimumin e CPU-së me një vlerë prej 25%, 54% e punëve kërkojnë një nivel CPU prej 50%. Ndërsa 16% e punëve kërkojnë 75% – 100% të kapacitetit të poçesorit. Siç vihet re nga kjo analizë, në pjesën më të madhe të punës burimet e qendrave të të dhënave nënshfrytëzohen. E njëjta përqindje karakterizon përdorimin e memories. Madhësia e punëve matet nga numri i detyrave për secilën punë dhe nga kohëzgjatja e ekzekutimit. Shumë punë kanë numër të vogël detyrash, më të vogël se 100. Në fakt, një numër shumë i madh punësh kanë një detyrë të vetme për të kryer dhe vetëm disa punë kanë mbi 2000 detyra. Kohëzgjatja e ekzekutimit të punëve varion nga disa minuta në 5 orë. Shumica e punëve (10.000- 100.000) ekzekutohen për një kohë shumë të shkurtër prej më pak se 15 minuta ndërkohë disa punë zgjasin me shumë se 300 minuta. Vetëm disa dhjetëra punë të ndjeshme ndaj vonesave janë më të shkurtra se 30 minuta. Mesatarja e intervalit kohor të mbërritjes së punëve të njëpasnjëshme është më pak se 4 sekonda, dhe ky interval nuk shkon më shumë se 5 minuta.

3.4 Power capping

Ndërtimi i një infrastrukture duke konsideruar nivelin pik të ngarkesës dhe alokimi i burimeve në një masë të tepruar për të siguruar cilësi shërbimi shumë afër nivelit 100% shpesh çon në tejkalim të kostos së parashikuar për një Datacenter. Mijëra ose miliona dollarë llogariten të jenë kosto e shkuar dëm për shkak të hapësirës fizike të zënë apo elektricitetit të paguar me kosto më të lartë gjatë orareve të pikut. Veç teknikave të njohura më lart si virtualizimi, migrimi i makinave virtuale, balancimi i ngarkesës (konsolidimi), fikja e nyjeve që nuk punojnë, etj, një tjetër teknologji po përdoret në masë nga operatorët e Datacenter, e ashtuquajtur kufizim i fuqisë apo në anglisht njihet me emrin “power capping”. Thelbi qëndron në implementimin e praktikave që kufizojnë sasinë e elektricitetit që një server mund të përdorë. Zakonisht, fuqia që i alokohet një serveri është e qëndrueshme dhe fikse, bazuar në skenarin më të keq të mundshëm: sa shpenzon një server kur është duke ekzekutuar detyra gjatë përdorimit të tij maksimal teorik. Por në realitet, shumica e serverave as nuk i afrohen maksimumit të tyre teorik të përdorimit. Sipas studimeve, piku teorik i ngarkesës së punës, mbi të cilën ngrihet kapaciteti i infrastrukturës fizike të një Datacenter, arrihet shumë rrallë ose thuajse kurrë [1]. Kjo do të thotë që operatorët e Datacenter vendosin në mënyrë arbitrare kufij jo të përshtatshëm mbi numrin e serverave që mund të përdorin. ‘Power cap’, si metodë e menaxhimit të fuqisë, mund të implementohet në nivele të ndryshme duke nisur nga nivel qarku, procesori, serveri, apo Datacenter.

Power capping dinamik

Teknikat dinamike të ‘power capping’ nënkuptojnë vendosjen e kufijve të ndryshëm për konsumin e fuqisë, në vend të një niveli fiks kufiri të sipërm, të cilët varen nga faktorë të ndryshueshëm dinamikisht. Hao Chen në publikimin e tij [93]: zgjidh një problem optimizimi të shërbimit rregullator (regulation service, RS) të Datacenter. Qëllimi është përcaktimi i konsumit optimal mesatar të fuqisë dhe një sasi rregullatore që minimizon koston e energjisë. Autori propozon një teknikë ‘power capping’ dinamike të serverit për të moduluar konsumin e fuqisë në kohë reale në përgjigje të kërkesave ISO

duke u kujdesur gjithashtu për mirëmbajtjen e cilësisë së shërbimit. Eksperimentet në një server real tregojnë se teknika e sugjeruar mund të reduktojë koston energjitike mesatarisht me 29% krahasuar me ‘power capping’ me vlerë fikse. Disa procesorë modernë sigurojnë aftësi ‘power capping’(si psh.[94]). Gandhi et al. [95] propozojnë një strategji ‘power capping’ e cila ndërfaqet cikle “idle” përgjatë ekzekutimit për të arritur nivelin e kërkuar të buxhetimit të fuqisë. Përaplikacionet multi-threaded, politikat që kombinojnë DVFS me alokimin dhe migrimin e thread-eve mund të përmirësojnë granularitetin dhe saktësinë e kufizimit ‘power cap’ [96], [97]. Për një bashkësi aplikacionesh me një thread dhe multi-thread, Ma et al. propozojnë një teknikë ‘power capping’ që vendosnjë limit fuqiedhe aplikon DVFS për çdo bërthamë të procesorit [98].Reda et al. paraqesin një ide të re të përmirësimit të performancës duke ndryshuar ‘power capping’ në mënyrë dinamike nëpërmjet trajnimit sipas modeleve fuqi – performancë e cila kombinon alokimin e thread-eve me DVFS [99].

Në serverat e virtualizuar, Nathuji et al. propozojnë një teknikë alokimi të fuqisë i cili përdor të dhëna të përdorimit të procesorit nga çdo makinë virtuale për të alokuar një buxhet të dhënë fuqie për të gjitha makinat virtuale, sipas kërkesave të marrëveshjes së nivelit të shërbimit (SLA) [100].

Intel ka zhvilluar një teknologji quajtur Dynamic Power Node Manager Technology, projektuar për të punuar në server që përdorin chip Xeon 5500 të Intel-it. Kjo teknologji përbën një politikë menaxhimi fuqie integruar në nivel chip-i Xeon e cila rregullon fuqinë në mënyrë dinamike për të arritur performancë maksimale për Watt në nivel serveri. Baidu, kompania më e madhe e motorrit të kërkimit në Kinë, raporton sukses në përdorimin e teknologjisë ‘power cap’ të Intel-it, cilësuar si 20% kapacitet mëtepër për të integruar server të tjerë brenda buxhetit të përcaktuar dhe pa ndikim negativ në performancë.

3.5 Përmbledhje

Në këtë kapitull u bë një përmbledhje e literaturës lidhur me kërkimin shkencor në fushën e efikasitetit energjetic dhe përdorimit të energjisë së rinovueshme në Datacenter. Pas theksimit të fokusit që ka marrë në 10-vjeçarit e fundit kjo çështje kërkimore, ndaluar në fushat konkrete se cilat janë hapat aktuale që janë ndjekur për zgjidhjen e problemit të shtruar dhe sfidat ende të hapura. Datacenters të furnizuara me energji të pastër, karakterizimi i ngarkesës së punës dhe teknika ‘power capping’ ishin në fokus.

KAPITULLI 4

Metodologjia e punës

Në këtë kapitull do të bëhet një përshkrim i të gjithë elementeve përbërës dhe faktorëve input së bashku me pritshmëritë output, duke e parë kontributin e këtij disertacioni si një të ashtuquajtur “kuti të zezë” (“blackbox”). Kjo kuti do të hapet për t’u rishikuar në detaje në kapitullin e pestë. Në vijim do të njihemi me Datacenter dhe komponentët e saj, ngarkesën e punës si hyrje të sistemit në shqyrtim, energjinë e rinovueshme si input ushqyes për këtë sistem, dhe konsumi energjistik si output i sistemit i cili duhet optimizuar. Në nivel ngarkese të punës, kemi të bëjmë me detyrën e planifikimit dhe skedulimit të saj në mënyrë të tillë që t’i përshtatet energjisë së disponueshme të rinovueshme. Nga ana tjetër, në nivel burimesh energjitike, kemi të bëjmë me 3 burime ushqyese, që janë rrjeti elektrik tradicional, energjia e rinovueshme dhe bateria, dhe një burim konsumator që është konsumi energjistik i Datacenter përgjatë kohës përlllogaritëse apo kryerjes së punëve.

Ky kapitull do të japë gjithashtu informacion mbi potencialin e energjisë së rinovueshme në Shqipëri dhe, nëpërmjet një madhësie të re matëse, quajtur Përqindja Minimale e Furnizimit (PMF), do të pasqyrohet se sa përqind të konsumit të energjisë së një Datacenter të dhënë mundet të furnizojë njësi bazë e energjisë së rinovueshme gjeneruar prej 1m^2 paneli diellordhe një turbinë ere në kushtet shqiptare.

4.1 Përshkrim i ambjentit të punës

Elementët përbërës të punimit të këtij disertacioni përshkruhen me anë të ilustrimit në Figurën 4.1. Siç mund të vëmë re, hyrje e sistemit në shqyrtim është ngarkesa e punës e cila kërkon fuqi përpunuese dhe trigeron konsum fuqie, të cilën kërkojmë ta optimizojmë. Ngarkesa e punës, dinamike dhe vështirë e modelueshme, ekzekutohet mbi një

Datacenter i cili përbëhet nga makina fizike të ashtuquajtura hoste, dhe makina virtuale të cilat operojnë mbi këto hoste. Një aktor tjetër që bën pjesë në inputin e sistemit është energjia e cila e furnizon Datacenter në mënyrë që të kryejë detyrat e tij. Energjia input përbëhet nga energjia e rinovueshme, energji nga rrjeti tradicional dhe bateri për rezervë.

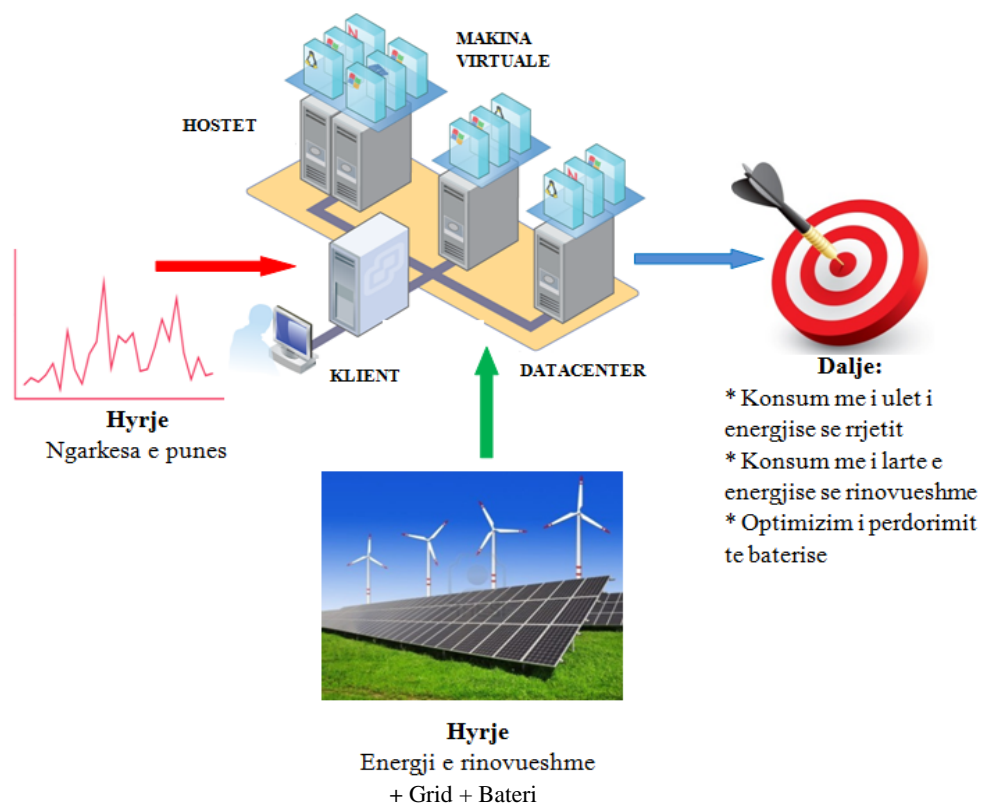


Figura 4.1: Përshkrim i përgjithshëm i faktorëve që shqyrtohen në këtë studim

Si rezultat i punës së Datacenter konsumohet energji e cila synohet të optimizohet duke patur këto 3 qëllime në fokus: 1) kursimi i kësaj energjie duke minimizuar energjinë e marrë nga rrjeti tradicional elektrik, 2) furnizim me energji të pastër duke maksimizuar sasinë e përdorimit të energjisë së rinovueshme, 3) gjetja e balancës për përdorimin optimal të baterisë.

Kontributi i këtij punimi qëndron në menaxhimin efikas të ngarkesës së punës dhe burimeve energjitiqe, shënuar me shigjetën e kuqe dhe jeshile përkatësisht. Ndërsa rezultati i synuar ilustron me shigjetën blu, si output i sistemit në shqyrtim.

Në vijim të këtij kapitulli do të trajtohen vetëm aktorët që luajnë rol input në algoritmat e menaxhimit, ndërsa vetë algoritmat dhe kontributi thelbësor i këtij disertacioni detajohen në kapitullin e pestë.

4.2 Datacenter

Konfigurimi i Datacenter është bërë bazuar mbi kërkimet shkencore mbi këtë fushë dhe madhësia mesatare e Datacenter të implementuar në Shqipëri. Për simulimin e Datacenter, kemi zgjedhur 100 hoste (makina fizike) homogjene të modelit HP ProLiant ML110 G5, Xeon 3075 2660 MHz, 2 bërthama. Secili prej hosteve është i pajisur me 2 bërthama të njësisë së procesimit (CPU), memorie RAM prej 4 GB, kapacitet prej 2660 MIPS (Million Instructions për Second).

Mbi çdo host do të ngrihen 2 makina virtuale të tipit Xen me këto parametra: Numri i tyre është 200, dhe në rastin e përgjithshëm do të llogaritet si dyfishi i numrit të hosteve në Datacenter. Çdo makinë virtuale, që ekzekutohet mbi hoste, ka 1 bërthamë njësi procesimi (CPU), memorie RAM prej 1 GB dhe kapacitet pra 2660 MIPS (Million Instructions për Second).

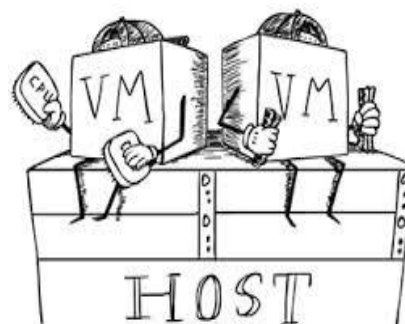


Tabela 4: Parametrat e konfigurimit të Datacenter për simulim

	Numri	CPU	RAM	MIPS	Modeli
HOST	100	2 cores	4 GB	2660	HP ProLiant ML110 G5
MAKINE VIRTUALE	200	1 core	2 GB	2660	Xen 2660 MHz

4.3 Ngarkesa e punës

Të dhënat për ngarkesën e punës që do të simulojmë janë bazuar në skedarin statistikor të punës së ngarkuar në serverat e Google, shkallëzuar për madhësinë e Datacenter të referuar në seksionin e mësipërm. Të dhënat për këtë ngarkesë pune janë dhënë në paragrafin 3.3. Parametrat e konsideruar për riprodhimin sintetik të ngarkesës së punës janë këto 5 madhësi:

- Numri i punëve: të cilat mund të kategorizohen në 2 apo më shumë kategori bazuar në kohëzgjatjen e tyre, nivelin e kërkesës për burime përlllogaritëse, etj
- Kohëzgjatja për secilën punë, që nënkupton kohën që është e nevojshme për ekzekutimin e plotë të punës.
- Afati, i cili mund të shprehet në dy forma: sa kohë pas dërgimit ka tolerancë për të përfunduar puna e dërguar ose kohën absolute para së cilës duhet të këtë përfunduar puna.
- Përdorimi (utilizimi), i cili jep përdorimin mesatar të burimeve të Datacenter si CPU, RAM, bandwidth, përgjatë gjithë kohës së ekzekutimit në hoste.
- Koha e mbërritjes së punëve: kjo e dhënë specifikon shpeshtësinë e ardhjes së secilës prej punëve.

Konfigurimi i detajuar i ngarkesës së punës për simulimet e kryera në këtë disertacion janë si më poshtë:

1. *Numri i punëve total*: 400

2. *Shpërndarja sipas kohëzgjatjes*:

200 punë të shkurtra, duke përcaktuar një minimum prej 5 minutash dhe një maksimum prej 7 minutash, me një vlerë mesatare kohëzgjatje prej 6 minutash. E përkthyer në MIPS (Million Instructions per Second), kërkuar prej simulatorit, vlera do të ishte $2660 \cdot 60 \cdot (\text{kohëzgjatja në minuta}) \cdot (\text{MIPS})$.

Figura e mëposhtme shfaq kohëzgjatjen e punëve, të gjeneruara nëpërmjet një funksioni gjenerues vlerash ndërtuar në gjuhën Java, për secilën Id prej tyre nga 1 deri në 400. Gjithashtu Figura 4.3 ilustron shpërndarjen statistikore Poisson në intervalin e vlerave minimum prej 5 minutash dhe maksimum prej 7 minutash. Boshti vertikal shpreh sekondat, ku vlerat variojnë nga 305 – 395 sekonda).

Punët me gjatësi mesatare janë 150, kohëzgjatja e të cilave varion nga një minimum prej 25 minutash deri në një maksimum prej 45 minutash, me një mesatare që peshon në 35 minuta.

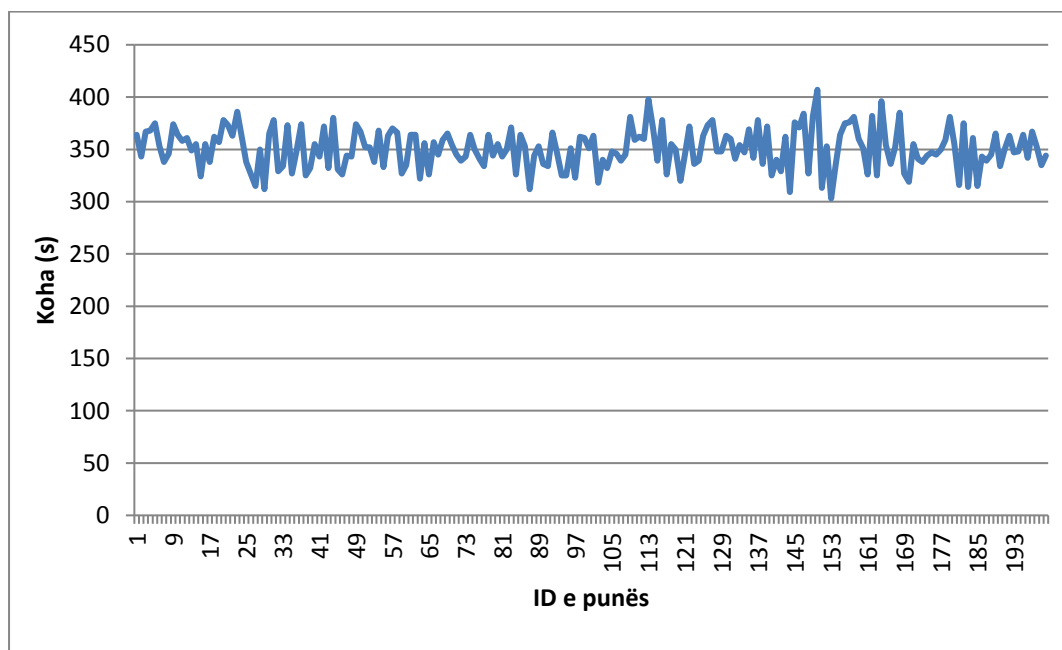


Figura 4.2: Kohëzgjatja në sekonda për çdo punë të shkurtër, me Id nga 1 në 200

Figura 4.4 shfaq kohëzgjatjen e punëve, të gjeneruara nëpërmjet një funksioni, për secilën Id prej tyre nga 1 deri në 150.

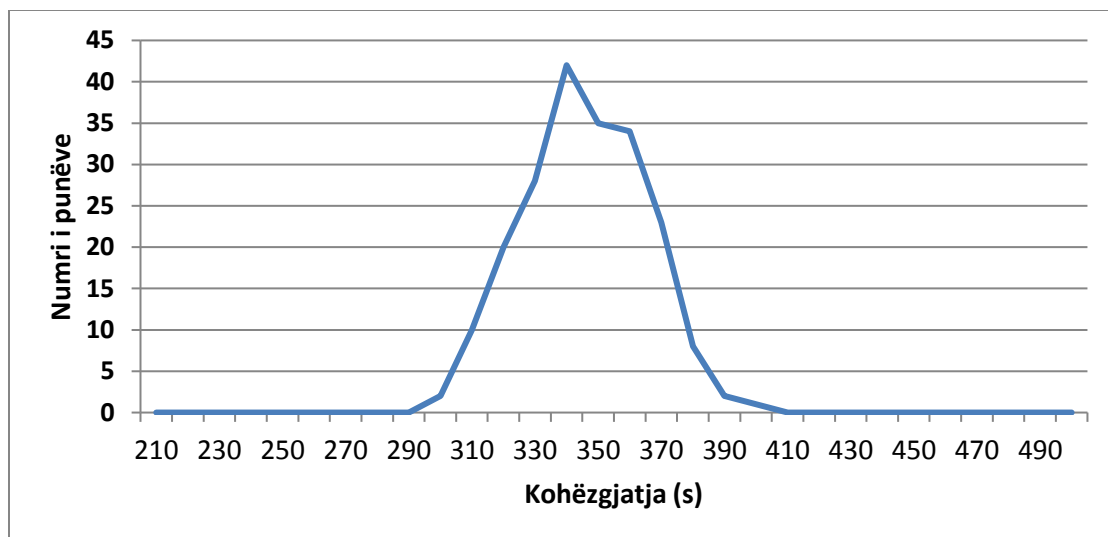


Figura 4.3: Shpërndarja statistikore Poisson e kohëzgjatjes së punëve të shkurtra

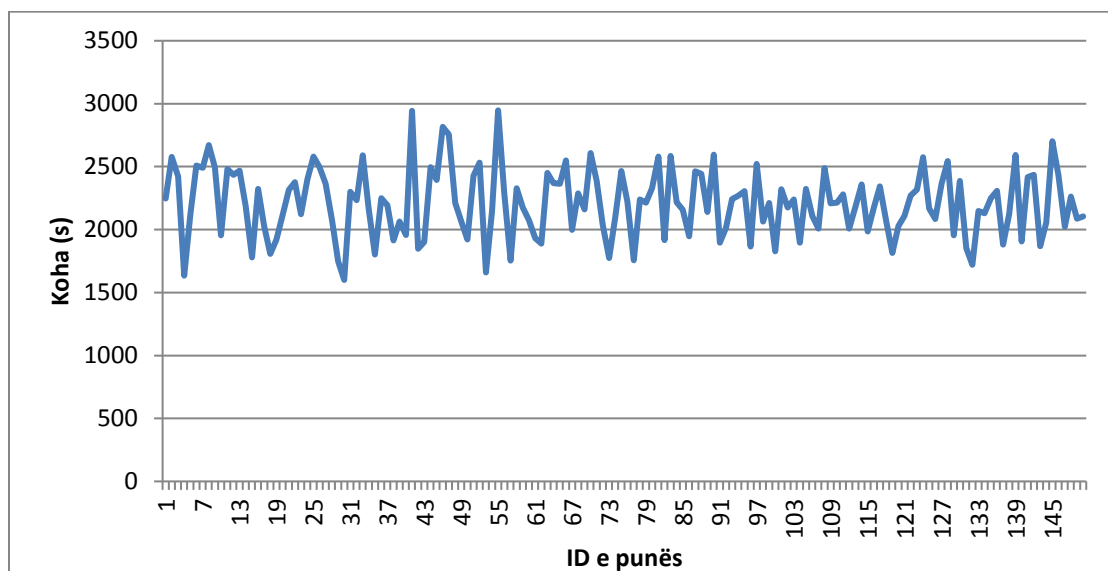


Figura 4.4: Kohëzgjatja në sekonda për çdo punë të mesme, me Id nga 1 në 150

Gjithashtu Figura 4.5 ilustron shpërndarjen statistikore Poisson në intervalin e vlerave minimum prej 25 minutash dhe maksimum prej 45 minutash. Boshti vertikal është shprehur në sekonda dhe vlerat e gjeneruara të kohëzgjatjes së punëve me gjatësi mesatare variojnë nga 1538 – 2991 sekonda.

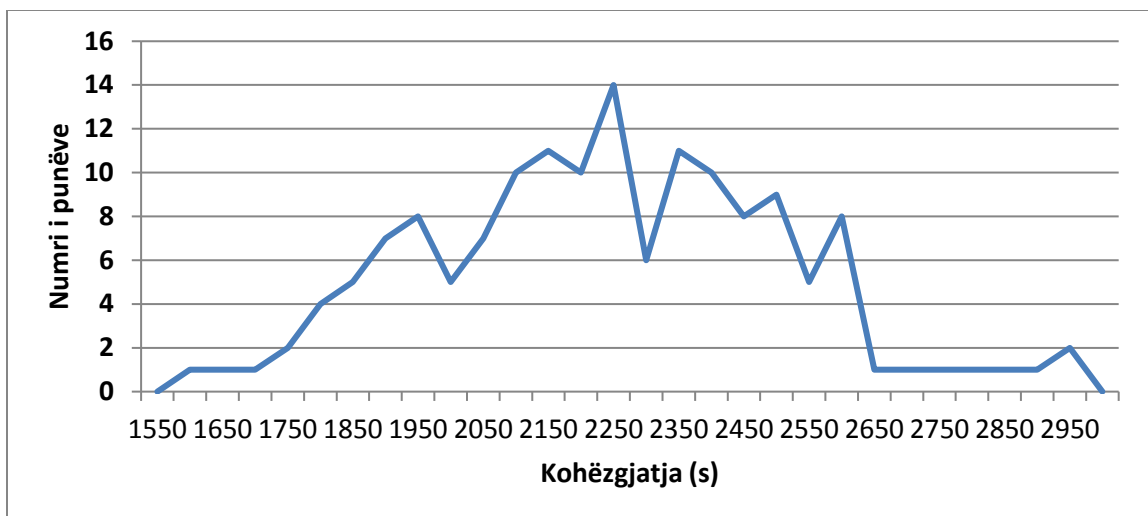


Figura 4.5: Shpërndarja statistikore Poisson e kohëzgjatjes së punëve të mesme

Punët e gjata janë konfiguruar të jenë 50, me kohëzgjatje minimale prej 60 minutash, maksimum prej 300 minutash dhe mesatare që peshon në vlerën 180 minuta.

Figura 4.6 shfaq kohëzgjatjen e punëve të gjata, të gjeneruara nëpërmjet një funksioni, për secilen Id prej tyre nga 1 deri në 50. Gjithashtu Figura 4.7 ilustron shpërndarjen statistikore Poisson në intervalin e vlerave minimum prej 60 minutash dhe maksimum prej 300 minutash.

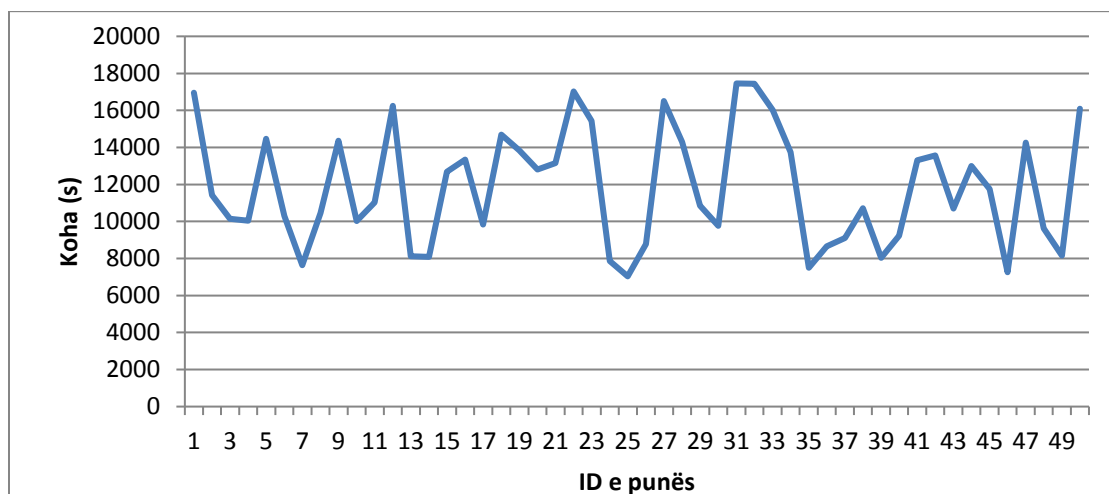


Figura 4.6: Kohëzgjatja në sekonda për çdo punë të gjatë, me Id nga 1 në 50

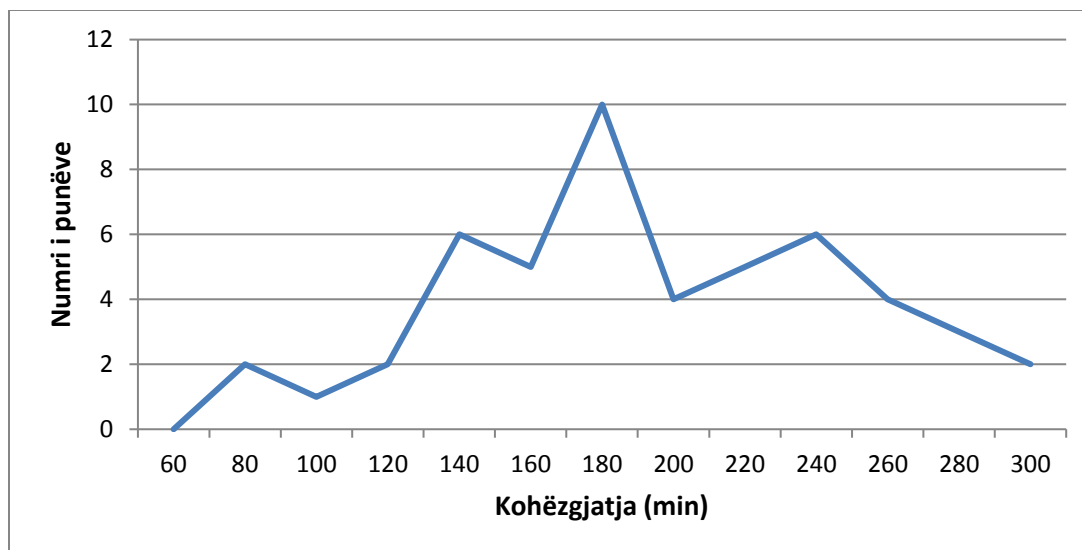


Figura 4.7: Shpërndarja statistikore Poisson e kohëzgjatjes së punëve të gjata

3. Afati i përfundimit të punëve

Bazuar në statistikat e skedarit të Google mbi ngarkesën e tij të punës, kemi vendosur vlera afatesh për përfundimin e punëve si vijon. Punët, qofshin këto të shkurtra, mesatare apo të gjata në kohëzgjatje, klasifikohen sipas 3 niveleve: tolerante ndaj vonesave, afat mesatar, dhe urgjente. Secila prej tyre është funksion i gjatësisë së punës, pra afati sigurohet si përllogaritje e shumëzimit të gjatësisë së punës me një faktor që varion nga 1 për punët urgjente në 5 për punët me afat të largët. Konkretisht, nqs shënojmë me x kohëzgjatjen e punës së shkurtër, y kohëzgjatjen e punës së mesme dhe z kohëzgjatjen e punës së gjatë, atëherë afatet përcaktohen si më poshtë:

- *Afati tolerant:* $5x$ për punët e shkurtra, $4y$ për punët e mesme dhe $2.5z$ për punët e gjata.
- *Afati mesatar:* $3x$ për punët e shkurtra dhe $3y$ për punët e mesme
- *Afati urgjent:* $1x$ për punët e shkurtra, që do të thotë që puna duhet dërguar për ekzekutim sapo kërkesa për shërbim mbërrin.

Sipas statistikave të skedarit të Google, të gjitha punët e gjata kanë afat tolerant, punët e mesme kanë afate të mesëm dhe tolerante, ndërsa punët e shkurtra përbëhen nga

punë me të treja llojet e afateve. Specifikisht, 70% e totalit të punëve (280) kanë afat tolerant, 25% (100) kanë afat mesatar dhe vetëm 5% (20, të gjitha të shkurtra) kanë afat urgjent. Sipas këtyre përqindjeve kemi vendosur vlerat si më poshtë për ndarjen e punëve sipas afateve.

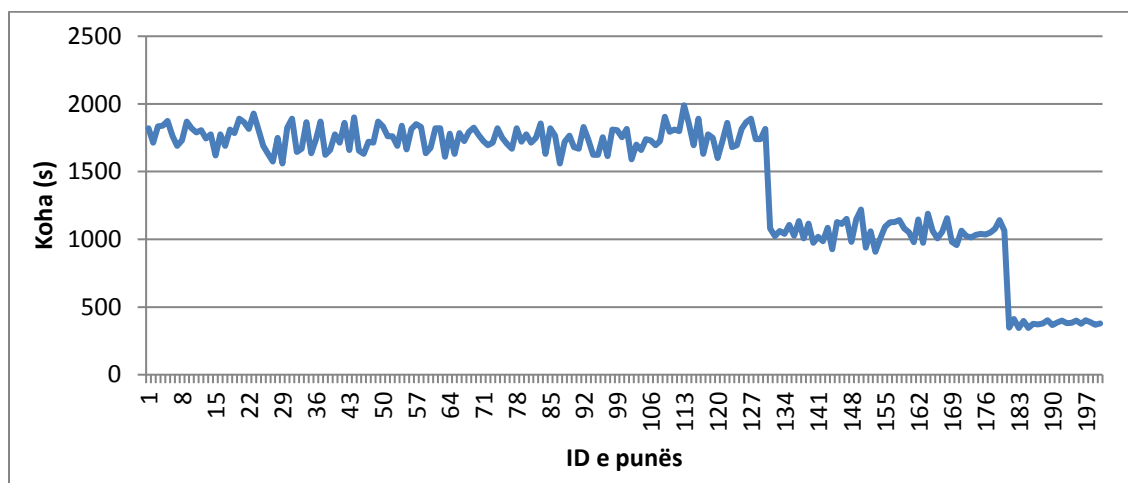


Figura 4.8: Afati i përfundimit të punëve të shkurtra, i shprehur në sekonda

Ndër 200 punët e shkurtra, 130 prej tyre janë tolerante ndaj vonesave, 50 kanë një afat mesatar jo shumë të largët nga koha e mbërritjes së tyre dhe vetëm 20 prej tyre klasifikohen si urgjente. Figura 4.8 shfaq karakteristikat e afatit për secilën punë të shkurtër.

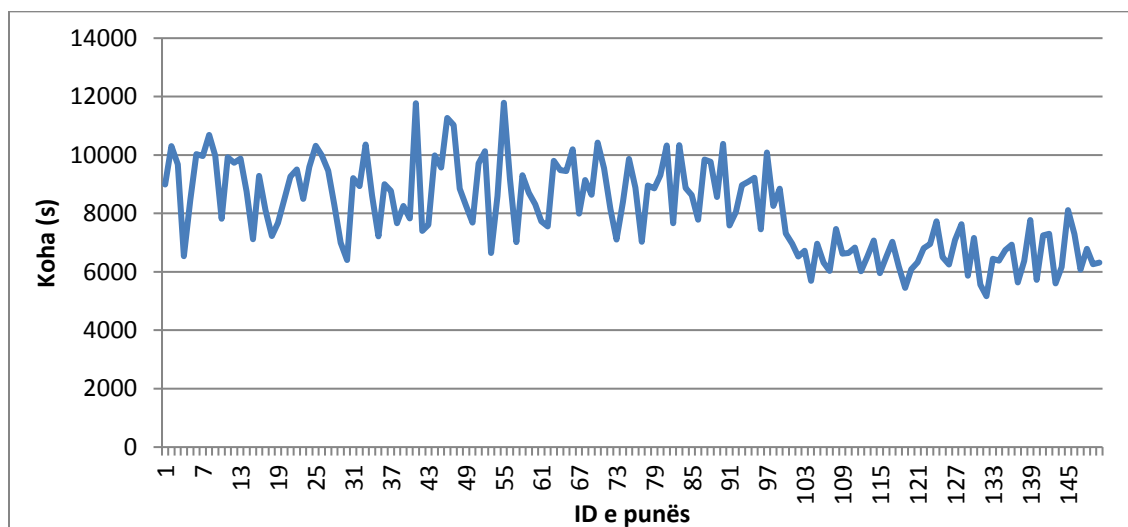


Figura 4.9: Afati i përfundimit të punëve të mesme, i shprehur në sekonda

Ndër 150 punët e mesme, 100 kanë një afat mesatar dhe 50 cilësohen si tolerante ndaj vonesave. Figura 4.9 shfaq karakteristikat e afatit për secilën punë me gjatësi mesatare. Ndërsa Figura 4.10 ilustron karakteristikat e afatit për punët e gjata, të cilat kanë të gjitha afate tolerante në intervalin 15 mijë – 30 mijë sekonda. Variabiliteti pasqyron kohëzgjatjet e ndryshueshme të punëve të gjata.

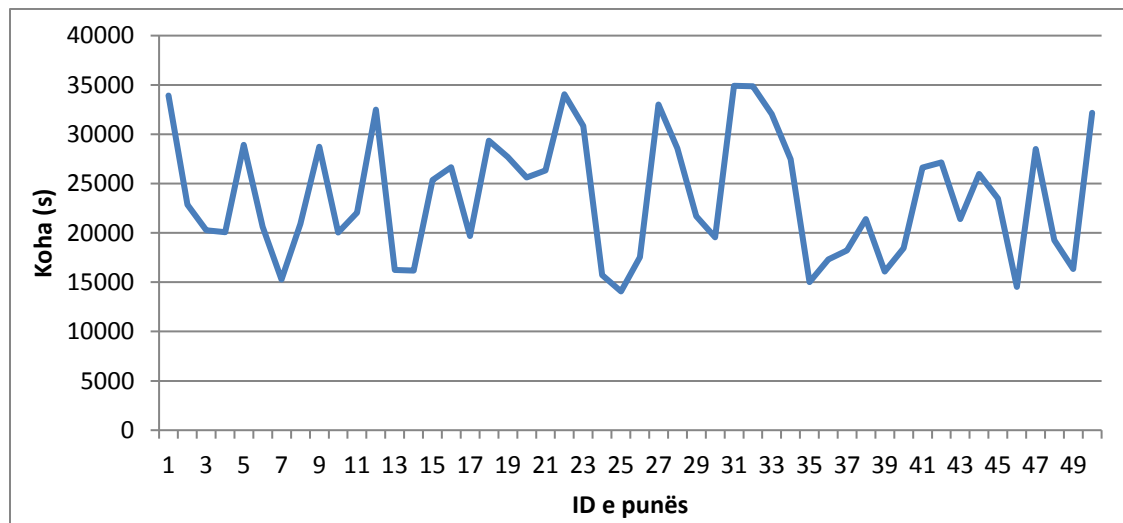


Figura 4.10: Afati i përfundimit të punëve të gjata, i shprehur në sekonda

4. Kërkesa për burimet përlogaritëse

Lidhur me kërkesën për burime, punët e shkurtra dhe të mesme, megjithëse janë më të shumta në numër, kanë një kërkesë relativisht të ulët që varion nga një mesatare prej 25% deri në 50%. Ndërsa punët e gjata, vijnë më rrallë por uzurpojnë burimet me një mesatare prej 80%.

Më poshtë specifikojmë vlerat e detajuara, minimale, maksimale dhe mesatare për secilën prej kategorive të punëve: të shkurtra, të mesme dhe të gjata.

Nga 200 punët të shkurtra, 100 prej tyre variojnë me kërkesa 20% - 30%, me një mesatare prej 25% përdorim të CPU-së dhe memories. 100 punët e tjera të shkurtra përdorin burimet nga 45% në 55% të kapacitetit të tyre, me një mesatare prej 50%. Figura 4.11 ilustron grafikisht informacionin mbi kërkesën e punëve të shkurtra për burime të Datacenter.

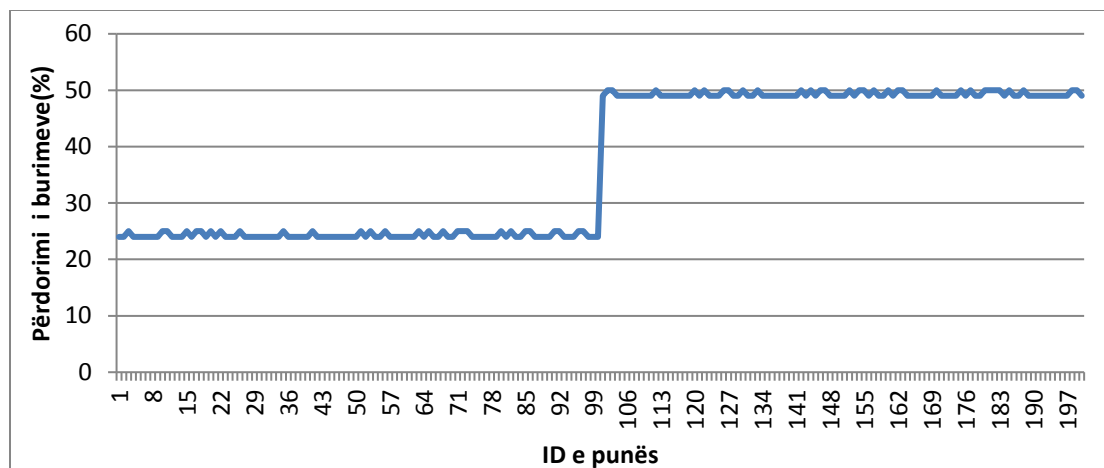


Figura 4.11: Kërkesa për burime përlllogaritëse nga punët e shkurtra, 100 punë kërkojnë mesatarisht 25% procesor dhe 100 punë kërkojnë mesatarisht 50% procesor.

Ndër punët e mesme, 50 prej tyre variojnë me kërkesa 20% - 30%, me një mesatare prej 25% përdorim të CPU-së dhe memories, dhe 100 të tjerat kërkojnë 45% - 55% të burimeve, me një mesatare prej 50%. Këto të dhëna paraqiten grafikisht në Figurën 4.12.

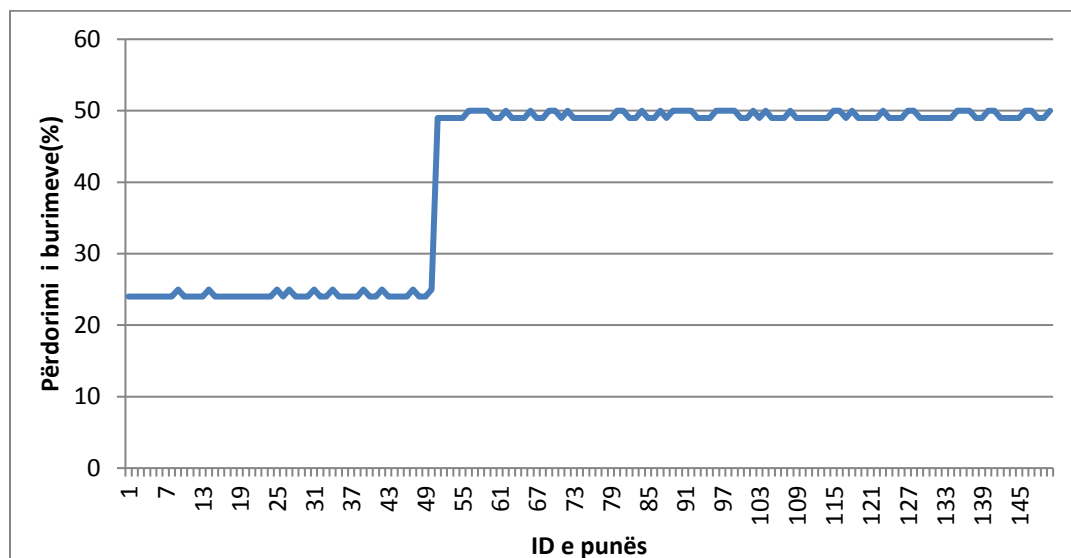


Figura 4.12: Kërkesa për burime përlllogaritëse nga punët e mesme, 50 punë kërkojnë mesatarisht 25% procesor dhe 100 punë kërkojnë mesatarisht 50% procesor.

Kërkesa e punëve të gjata varion me një mesatare prej rreth 80%. Sipas funksionit gjenerues të vlerave, rezultohet me vlerat e paraqitura në Figurën 4.13.

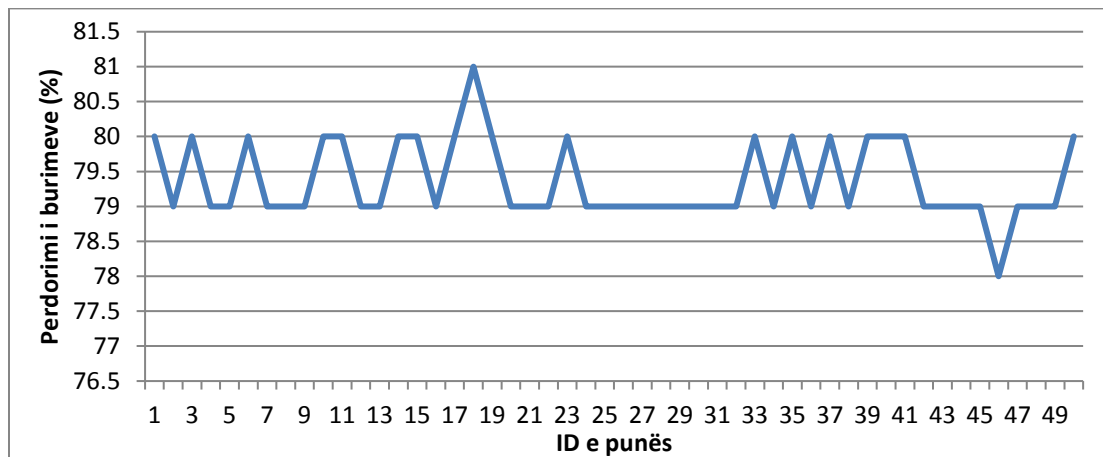


Figura 4.13: Kërkesa për burime përllogaritëse nga punët e gjata, 50 punët kërkojnë mesatarisht 80% procesor

5. Shpeshtësia e mbërritjes së punëve të njëpasnjëshme

Intervali i kohës që duhet të kalojë mes ardhjes së dy punëve të njëpasnjëshme përcakton shpeshtësinë apo fluksin e ardhjes së punëve. Për gjenerimin e vlerave është përdorur shpërndarja statistikore Poisson. Punët e shkurtra vijnë me një shpeshtësi mesatare prej 7 minutash, punët e mesme me shpeshtësi mesatare 10 min dhe punët e gjata me një shpeshtësi mesatare 30 minuta.

Figura 4.14 ilustron kohën e ardhjes së punëve të shkurtra përgjatë 24 orëve të simulimit. I njëjti parametër përshkruhet në figurat e mëposhtme, 4.15 dhe 4.16, për punët me gjatësi mesatare dhe të gjata.

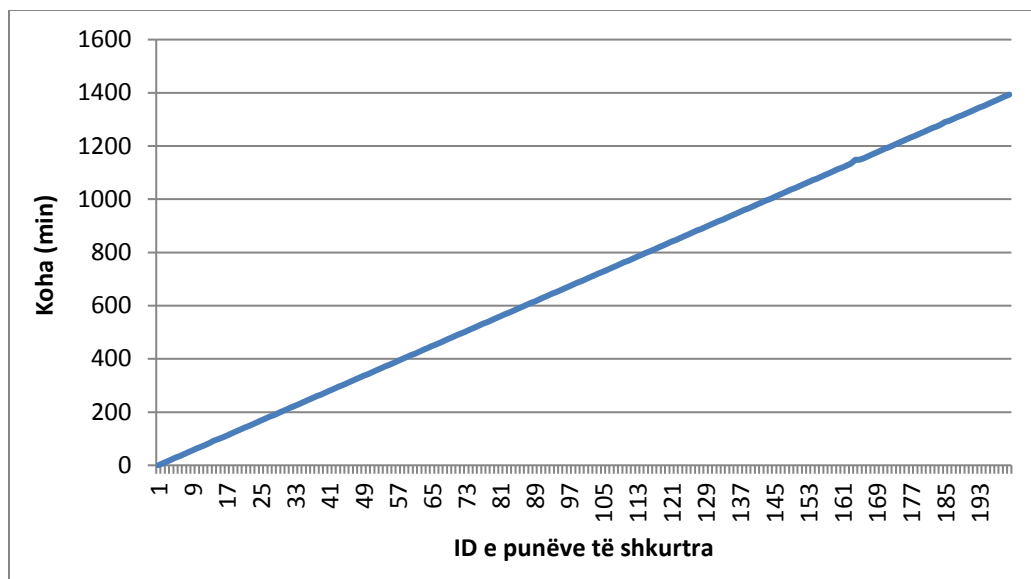


Figura 4.14: Koha e mbërritjes së punëve të shkurtra

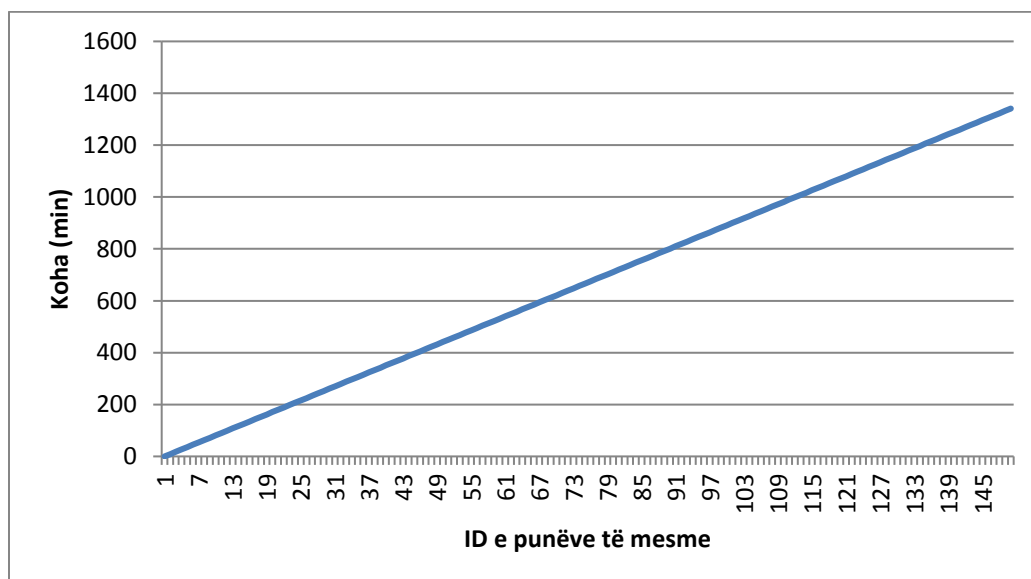


Figura 4.15: Koha e mbërritjes së punëve të mesme

Figura 4.17 është një paraqitje krahasuese mes kohës së mbërritjes së punëve të gjata, mesme dhe të shkurtra. Siç vihet re qartë nga grafiku, punët e gjata vijnë më rrallë dhe arrijnë më shpejt kohën finale të simulimit. Më tej 150 punët e mesme vijnë më shpesh,

ndërsa punët e shkurtra kanë shpeshtësinë më të madhe për shkak të kohës së shkurtër që është konfiguruar si interval mes 2 punëve të njëpasnjëshme.

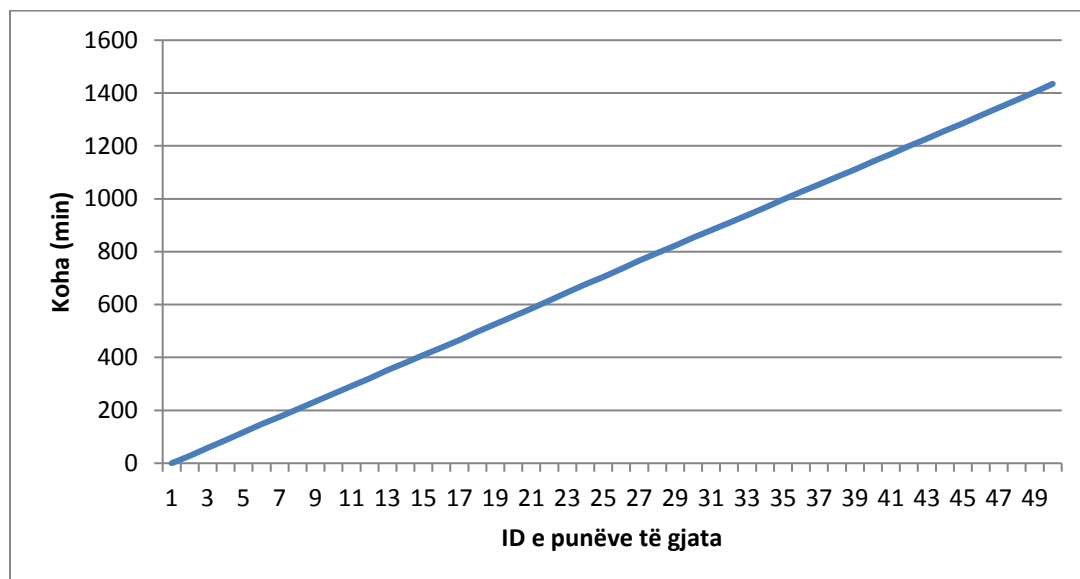


Figura 4.16: Koha e mbërritjes së punëve të gjata

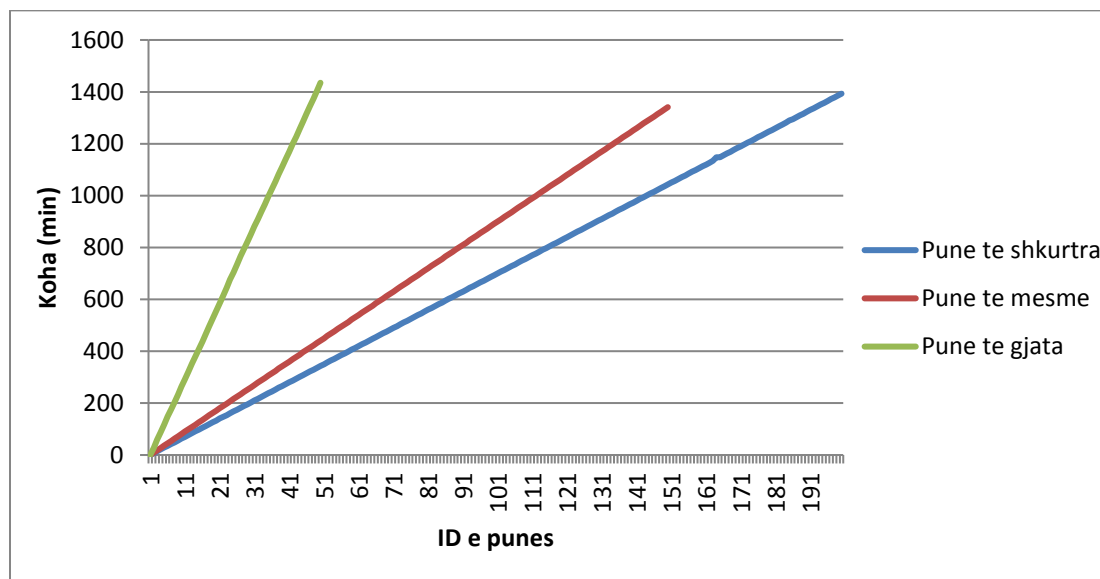


Figura 4.17: Paraqitje krahasuese e kohës së mbërritjes së punëve, që përcakton dhe shpeshtësinë e ardhjes së tyre.

4.4 Konsumi energjistik

Konsumi energjistik për Datacenter e përzgjedhur, me parametra të konfiguruar si në seksionin 4.2 dhe parametrat e ngarkesës së punës si në seksionin 4.3, paraqitet në Figurën 4.18. Totali i konsumit energjistik të Datacenter për 24 orë simulimi vlerësohet të jetë në rreth 120 kWh.

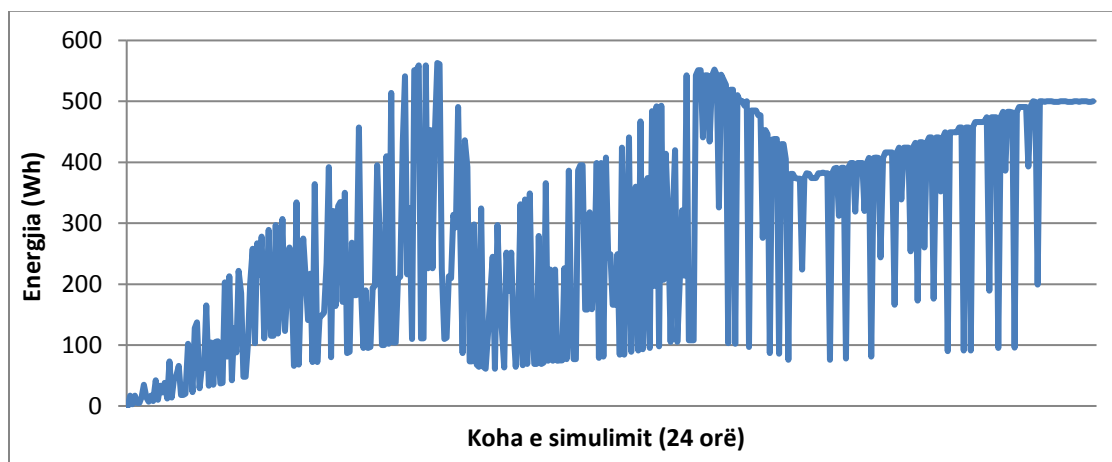


Figura 4.18: Konsumi i energjisë së Datacenter-it sipas simulatorit

Rezultati është siguruar si mesatare e 5 provave, gjatë simulimit me simulatorin CloudSim, informacionet e detajuara të të cilit paraqiten në kapitullin e pestë të këtij disertacioni.

4.5 Energjia e rinovueshme

Shqipëria është ndër vendet që është bërë pjesë e direktivës së Bashkimit Europian, përsa i përket politikave të përdorimit të energjive të rinovueshme dhe efikasitetit të energjisë. Objektivi që duhet të arrijë Shqipëria për konsumin bruto të energjisë deri në vitin 2020 është që 38% e saj të sigurohet nga energjia e rinovueshme [101]. Pikënisja e këtij objektiivi është viti 2009 ku rezultoi se konsumi bruto i energjisë është 29.74% energji e rinovueshme. Objektivi prej 38% përqëndrohet në 3 fusha kryesore: Energjia elektrike, Ngrohja – Ftohja dhe Transporti.

Energjia e rinovueshme në Shqipëri varion nga energjia e biomasës, gjeotermike, hidroenergji, diellore dhe energjia e erës. Shqipëria mbështetet kryesisht në burimet hidroelektrike, prandaj, ajo ka vështirësi kur niveli i ujit është i ulët. Ndërkohë, ajo ka një potencial të madh për energjinë diellore, të erës dhe gjeotermike. Klima në Shqipëri është mesdhetare kështu që ka potencial të konsiderueshëm për energji diellore [102]. Në mënyrë të ngjashme, zonat malore ofrojnë kushte të përshtatshme për zhvillimin e projekteve për energjinë prej erës. Ajo ka gjithashtu potencial për energjinë gjeotermike, pasi është e pasur në puse natyrore.

Energjia diellore:

Programi për Mjedisin i Kombeve të Bashkuara është duke mbështetur një program për të instaluar panele diellore në Shqipëri. Sipas këtij programi është menduar që të investohen \$2.75 milionë dollarë për të instaluar 75,000 m² panele diellore [103]. Deri në vitin 2010 janë instaluar 10,700m² panele diellore. Edhe 50,000 km² panele diellore parashikohet të instalohen deri në vitin 2015 [103]. Shqipëria merr rreth 2100-2700 orë rreze diellore brenda vitit, kështu që ka potencial të madh për energji diellore. Energjia diellore është lehtë e arritshme pasi shumica e energjisë vjen direkt ose indirekt nga dielli. Ajo mund të përdoret për ngrohje dhe ndriçim të shtëpive, bizneseve dhe ndërtesave industriale.

Në treg ekzistojnë dy lloje teknologjish të përdorimit të energjisë diellore: njëra formë përdor energjinë termike diellore për të prodhuar energji ndërsa forma tjetër përdor rrezet e diellit. Gjenerimi i energjisë elektrike termike diellore përqëndron dritën e diellit për të krijuar nxehtësi e cila përdoret për të nxehur një pajisje që e bën gjeneratorin të prodhojë elektricitet. Lënda e rrjedhshme që nxehet nga drita e përqëndruar mund të jetë lëng ose gaz. Ndër lëndët e rrjedhshme mund të përmendim ujë, vaj, kripëra, ajër, nitrogen, helium, etj. Pajisjet që vënë në punë gjeneratorin elektrik mund të jenë makina me avull, turbina gazi, makina “Stirling”, etj. Të gjitha këto pajisje janë relativisht efçente, mund të gjenerojnë elektricitet 30-40% të kapacitetit të energjisë diellore, dhe janë në gjendje të prodhojnë fuqi të rendit 10-100 MW. Nga ana tjetër, panelet diellore fotovoltaike

funksionojnë mbi bazën e konvertimit të dritës diellore në elektricitet. Kjo do të thotë që panelet diellore janë efektive vetëm përgjatë orëve të ditës.

Energjia e erës

Shqipëria ka potencial për energjinë e erës, por teknologjia nuk është ende e zhvilluar. Megjithatë, ka plane për zhvillimin e projekteve për shfrytëzimin e erës në vitet e ardhshme. Ekziston një propozim plan, nga e cila do mund të fitohet 2000 MW energji nga era[104]. Era gjeneron fuqi mekanike nëpër turbinave të erës. Disa vendndodhje gjeografike janë më të mira se të tjerat, sepse fuqia prodhuar e erës varet nga shpejtësia e erës. Ultësirat bregdetare dhe Jugore, Lindore, si dhe malet në Veri të Shqipërisë janë zona të mira për instalimin e turbinave të erës. Megjithatë, ekzistojnë edhe pengesa të tjera të cilat marrin pjesë në zgjedhjen e një lokacioni, duke përfshirë: lartësia, qasja e vendit, infrastruktura, zonat e mbrojtura, dhe rrjeti i energjisë. Shpejtësia e erës është 8–9 m/s në shumë zona të Shqipërisë.

Pse këto 2 burime në vëmendje për këtë disertacion?

1. Nuk kanë nevojë për ngritjen (ndërtimin) e impianteve apo infrastrukturë të kushtueshme mbështetëse për ta vënë në funksionim. Fare mirë, një panel diellor apo një turbine ere mund të përdoren edhe në ambjente shtëpiake.
2. Janë lehtësisht të aksesueshme në treg
3. Shqipëria është e bollshme në burime të tilla

Sasia e prodhuar e energjisë nga 2 burimet rinovueshme

Në Figurën 4.19 paraqitet grafiku që ilustron sasinë e energjisë së rinovueshme gjeneruar nga 1 metër katror paneli diellor, në një ditë të qartë vere, dimri dhe një ditë me re. Të dhënat janë marrë nga një kolektor i rrezatimit diellor në 1 panel diellor prej 1 m² instaluar në tarracën e Universitetit Politeknik të Tiranës, në kuadër të një projekti zhvilluar nga Fakulteti i Inxhinierisë Mekanike [105].

Për të furnizuar me energji të rinovueshme një përqindje të caktuar të konsumit energjitik duhet që të rrisim numrin e paneleve diellore. Llogarisim se për të arritur 75%

të konsumit energjistik të vlerësuar të Datacenter, prej 120kWh për 24 orë, atëherë na nevojiten 27 metër katrorë panele diellore për të arritur përqindjen e dëshiruar të furnizimit me energji të rinovueshme, pa llogaritur koeficientin e efikasitetit të panelit diellor. Ky koeficient zvogëlon efektivitetin e energjisë së prodhuar në varësi nga teknologjia e prodhimit me një vlerë 0.15 deri në 0.4 të fuqisë rrezatuese diellore. Në varësi të panelit të zgjedhur do të duheshin përkatësisht 6 herë apo 2.5 herë më shumë panele diellore për të mbuluar kapacitetin e dëshiruar.

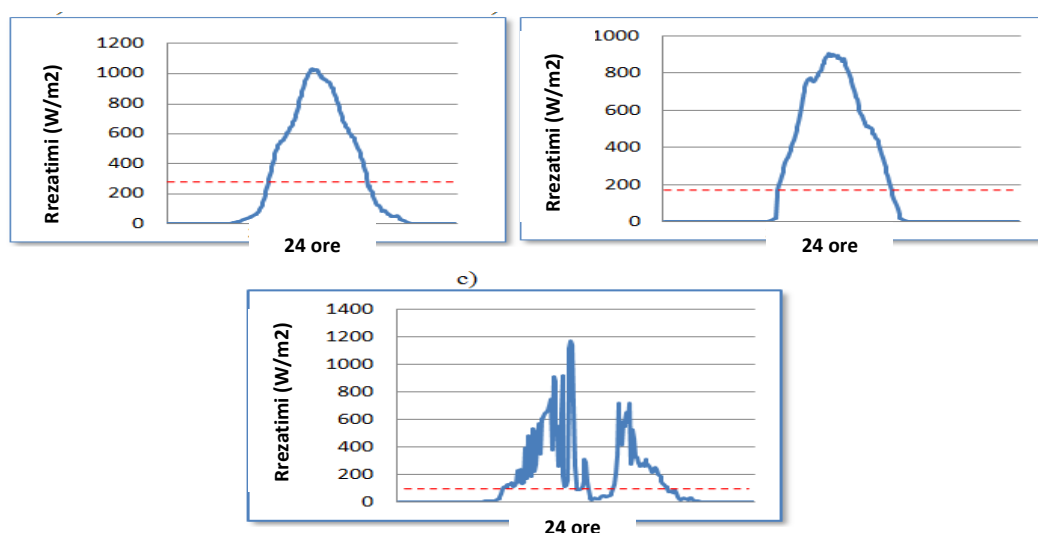


Figura 4.19: Rrezatimi diellor i disponueshëm në Tiranë: a) në një ditë vere të qartë, b) ditë dimri të qartë, c) ditë vere me re [107]

Figura 4.20 ilustron fuqinë e erës gjeneruar nga një turbinë ere e modelit HY-1000, bazuar në të dhënat e shpejtësisë së erës për një ditë mesatare dimri dhe vere. Sipas Agjencisë Kombëtare të Burimeve Natyrore [104], shpejtësia mesatare e erës në një ditë vere gjatë muajit me shpejtësinë më të ulët, Gusht, është 3.78 m/s ndërsa vlera mesatare e shpejtësisë së erës gjatë muajit me shpejtësinë më të lartë, Shkurt, është 5.08 m/s. Funkcioni që llogarit fuqinë e prodhuar të erës bazuar në shpejtësinë e erës, modeluar sipas specifikimeve teknike të turbinës së zgjedhur të erës, jepet sipas ekuacionit më poshtë:

$$P_{wind} = 1151 \times \exp(-((shpejtësi - 14.28)/6.103)^2)$$

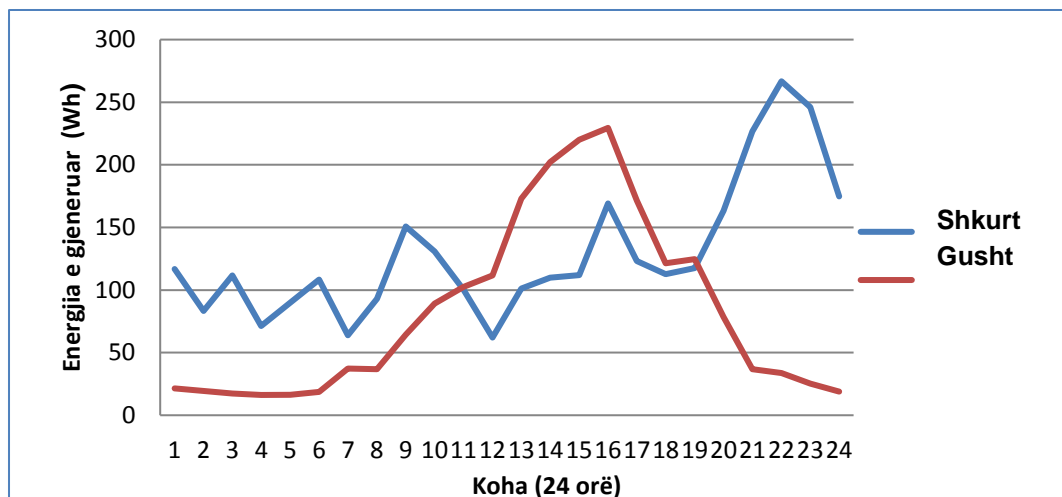


Figura 4.20: Energjia mesatare e erës e prodhuar nga një turbinë ere gjatë një ditë tipike Shkurti dhe Gushti në Shqipëri [107]

Ndryshe nga fuqia e prodhuar nga dielli, relativisht e parashikueshme, fuqia e prodhuar nga era është e çrregullt por zakonisht nuk e arrin vlerën zero. Kjo për shkak se era është në përgjithësi e pranishme, pavarësisht dritës diellore. Pikërisht kjo përbën një nga arsyet pse sugjerohet që të dyja burimet e energjisë, diellore dhe e erës, të kombinohen së bashku, për përfitim dhe shfrytëzim maksimal të potencialit të tyre.

Tabela 5: Vlerat e prodhimit të energjisë diellore dhe të erës për një ditë tipike vere, dimri, të qarta, dhe ditë tipike me re, gjeneruar nga 1 m² panel diellor dhe 1 turbinë ere

	Verë	Dimër	Ditë me re vere
Energji diellore (Wh)	6395	4739	3521
Energji ere (Wh)	1981	3105	2543
Totali energji e rinovueshme (Wh)	8376	7844	6064

4.6 Përqindja Minimale e Furnizimit

Përqindja Minimale e Furnizimit, referuar në anglisht me emrin “Minimum Percentage Supply” dhe në vijim me shkurtimin PMF, është një madhësi e re, kontribut i studimit prezantuar në këtë disertacion, e cila shërben për të matur kapacitetin furnizues që ka një njësi e energjisë së rinovueshme, prodhuar nga 1m² panel diellor dhe 1 turbinë ere, mbi totalin e konsumit energjistik të Datacenter. Matematikisht, kjo madhësi jepet me anë të ekuacionit si më poshtë vijon:

$$PMF (\%) = \frac{Njësi\ energji\ e\ rinovueshme(Wh)}{Konsumi\ energjistik\ (Wh)} \times 100 \quad (\text{Ekuacioni 1})$$

Si rezultat i zbatimit të kësaj shprehje merret vlera në përqindje, e cila shpreh potencialin furnizues që ka një burim i rinovueshëm bazuar në sasinë e disponueshme të energjisë së rinovueshme që ai prodhon. Kjo madhësi shërben për të vlerësuar dhe krahasuar vendndodhje të ndryshme për të ndihmuar në procesin e vendimit të vendit ku duhet ndërtuar një Datacenter. Kështu, në bazë të PMF, operatorët janë të interesuar të ngrenë Datacenter të rinj pranë vendeve ku madhësia PMF ka vlerën më të lartë. PMF shërben gjithashtu si krahasues mes periudhave të ndryshme kohore, për shkak të variabilitetit që mbart energjia e rinovueshme përgjatë stinëve apo periudhave të tjera më të ngushta kohore (muaj, ditë). Në këtë aspekt, kjo madhësi do të ndihmonte operatorët e Datacenter të shpërndara gjeografikisht për të etiketuar me një emër madhësinë krahasuese që karakterizon nivelin e disponueshmërisë së energjisë së rinovueshme në secilën prej vendndodhjeve specifike të secilës prej qendrave, për një periudhë të dhënë.

Kontributi i dhënë nëpërmjet kësaj madhësie të re me të dhëna të energjisë së rinovueshme që i takojnë paralelit gjeografik 60°, konkretisht të marra nga Universiteti Abo Akademi, Turku, Finlandë, tashmë është një punim i publikuar dhe i aksesueshëm në internet [106].

Për të vlerësuar dhe testuar këtë madhësi të re në kushtet shqiptare, kemi realizuar një studim mbi vlerat e PMF në Shqipëri, për një ditë të qartë vere, ditë të qartë dimri dhe

ditë të vranët vere, llogaritur si vlera mesatare. Në bazë të të dhënave marrë nga [105] për energjinë diellore dhe [104] për energjinë e erës, kemi llogaritur sasinë e energjisë së rinovueshme për 3 skenarë të ndryshëm kohorë. Nga ana tjetër, konsumi energjistik është vlerësuar duke simuluar 3 madhësi të ndryshme Datacenter, me 500, 1000, 2000 hoste dhe me numër makinash virtuale 2-fishi i numrit të hosteve. Si rezultat i të dhënave të mësipërme, 3 vlera të energjisë së rinovueshme dhe 3 vlera të konsumit energjistik, kemi realizuar 9 skenarë simulimi për të llogaritur vlerën e PMF. Konsumi energjistik bazohet në 3 madhësi Datacenter prej 500, 1000 dhe 2000 hostesh dhe energjia e disponueshme e rinovueshme konsiderohet në një ditë të qartë vere, ditë të qartë dimri dhe ditë të vranët vere

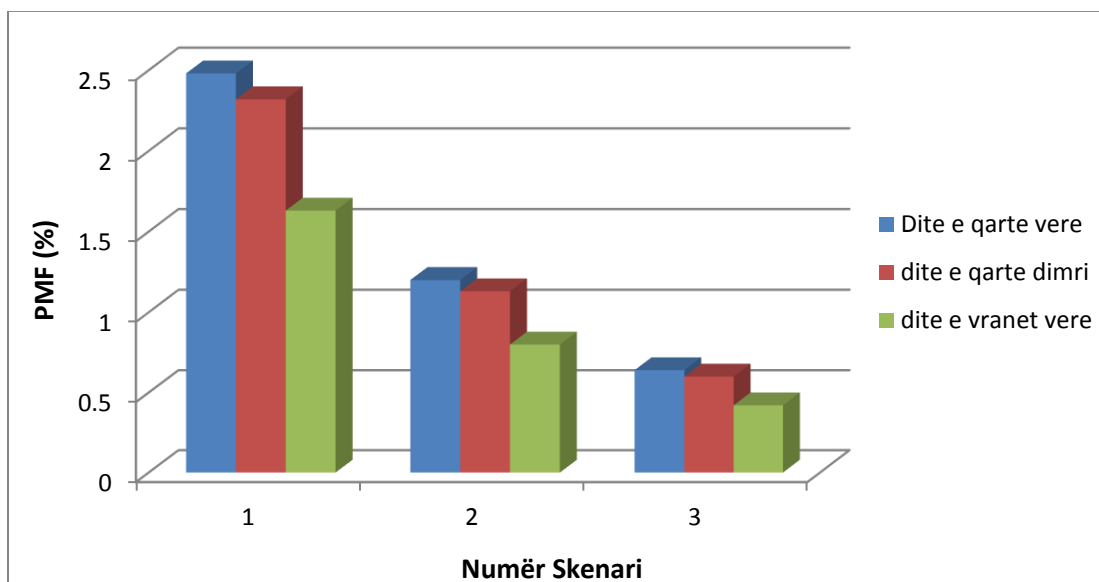


Figura 4.21: Vlerat e PMF për 9 skenarë simulimi, në muajt Maj, Dhjetor dhe mesatarja vjetore

Rezultatet e llogaritura të madhësisë PMF për skenarët e simuluar paraqiten në Tabelën 6. Vihet re se vlera për ditën e qartë të verës zvogëlohet nga 2.48% në 0.64% duke rritur madhësinë e Datacenter nga 500 në 2000 makina fizike. Vlerat PMF janë më të lartat në këtë skenar kohor, për shkak të nivelit më të lartë të energjisë së rinovueshme në këtë periudhë.

Tabela 6: Vlera PMF për një ditë tipike vere dhe dimri, të qarta dhe ditë vere e vranët. Konsumi energjistik i Datacentervlerësohet sipas 3 skenarëve të madhësisë së saj: 500, 1000 dhe 2000 hoste

	Skenari 1	Skenari 2	Skenari 3
PMF ditë vere e qartë(%)	2.48	1.2	0.64
PMF ditë dimri e qartë(%)	2.32	1.13	0.6
PMF ditë vere e vranët (%)	1.63	0.8	0.42

Në të kundërt, vlerat minimale nuk i mban dita tipike e qartë e dimrit por dita e vranët. Siç mund të vihet re nga Tabela 6, për të njëjtën madhësi Datacenter, ka më pak diferencë mes ditëve të qarta të verës dhe të dimrit se sa mes ditëve të verës me mot të kthjellët e të vranët. Kjo do të thotë qartazi se e njëjta sasi burimesh energjie të rinovueshme prodhon sasi shumë të luhatshme energjie për periudha të ndryshme të vitit, veçanërisht e ndikuar kjo nga vranësirat, rast në të cilën reduktimi i energjisë së rinovueshme llogaritet të jetë 35%. Figura 4.21 ilustron grafikisht informacionin e paraqitur në Tabelën 6.

Bazuar në konceptin e PMF-së, mund të ndërtojmë dhe analizojmë modelin që përshkruan numrin e turbinave të erës dhe metrave katrore panele diellore të nevojshëm për të siguruar një vlerë të caktuar PMF. Për të patur një rezultat më të prekshëm të kësaj ideje, bëme një implementim të modelit matematikor që lidh njërën burim në funksion të burimit tjetër. Zgjedhëm skenarin prej 1000 hostesh si rast studimi, ndërkohë rastet e tjera (500 dhe 2000) do të ishin të përpjesshme. Figura 4.22 paraqet sipërfaqen e nevojshme në metra katrorë të paneleve diellore si funksion i numrit të turbinave të erës për të siguruar një vlerë të PMF prej 25%, 50%, 75%, dhe 100%. Për këtë rast studimi, është marrë në konsideratë energjia e rinovueshme e gjeneruar në një ditë vere të qartë.

Siç mund të vërehet nga Figura 4.22, nevojiten në total 350 turbina ere për të furnizuar 100% Datacenter e marrë në shqyrtim, që do të thotë PMF=100%, pa

përdorimin e energjisë diellore. Në formë të njëvlershme, kërkohen 110 m² panele diellore për të siguruar të njëjtën vlerë PMF, duke eliminuar përdorimin e energjisë së erës. Dita e qartë e dimrit nuk është marrë në konsideratë pasi nuk ka vlera aq të ndryshme nga dita verore e qartë sa të përbënin interes studimi. Bazuar në këtë grafik ilustruar nga Figura 4.22, projektuesit e Datacenters mund të llogarisin raportin më të leverdisshëm të kombinimit mes dy llojeve të burimeve të energjisë së rinovueshme: turbine ere dhe panele diellore, si nga pikëpamja elektrike edhe ajo financiare.

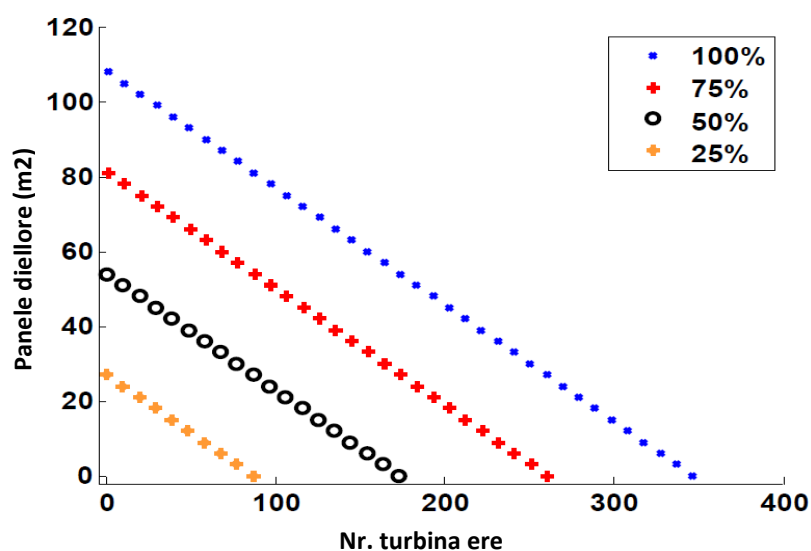


Figura 4.22: Raporti i sasisë së burimeve energjitike për të arritur 25%, 50%, 75% dhe 100% të mbulimit të konsumit me energji të rinovueshme

Rezultati i këtij studimi për vlerësimin e PMF në kushtet shqiptare është tashmë i botuar në revistën shkencore të Akademisë së Shkencave, Tiranë, Shqipëri [107].

4.7 Përmbledhje

Si rezultat i këtij kapitulli, u krijuan njohuri mbi të gjithë elementët përbërës të sistemit Datacenter që kemi në shqyrtim në këtë studim, duke dhënë një pamje të përgjithshme të të gjithë faktorëve që ndikojnë në hyrjet dhe daljet e sistemit.

Konkretisht u njohëm me parametrat e Datacenter që kemi shqyrtuar, karakteristikat e ngarkesës së punës që ekzekutohet në Datacenter si dhe energjia e konsumuar prej saj

gjatë 24 orë simulimi. Për sa i përket energjisë së rinovueshme u dhanë kapacitetet e prodhimit energjitik në kushtet shqiptare bazuar në të dhëna statistikore zyrtare. Bazuar mbi këto të dhëna, u llogarit një madhësi e re e quajtur Përqindja minimale e furnizimit (shkurtimi nga anglishtja: PMF), vlerësuar si kontribut i ri në fushën e “green Datacenters”.

Gjithashtu, u paraqit një vlerësim sasior lidhur me raportin e burimit numër i turbinave të erës dhe sipërfaqe në m² panelesh diellore për të arritur një nivel të dëshiruar PMF për furnizimin e Datacenter me energji të rinovueshme.

Ndërfaqja mes sistemit Datacenter dhe ngarkesës së punës, gjithashtu ndërfaqja mes sistemit Datacenter dhe burimeve energjitike, të cilat në këtë kapitull u trajtuan thjesht si koncepte, do të trajtohen në detaje në kapitullin vijues.

KAPITULLI 5

Konceptimi dhe implementimi i algoritmave risi

Në këtë kapitull do të prezantojmë ambjentin e punës lidhur me implementimin dhe testimin e algoritmave të rinj, kontribut i studimit të paraqitur në këtë disertacion. Fokusi do të jetë në përshkrimin në detaje të analizës, konceptimit, projektimit dhe implementimit të 2 algoritmave në simulatorin e mirënjohur CloudSim: i pari mbi skedulimin e ngarkesës së punës dhe i dyti mbi skedulimin e burimeve energjitike që furnizojnë Datacenter. Testimi dhe vlerësimi i tyre nëpërmjet eksperimenteve do të paraqitet në kapitullin e gjashtë.

5.1 Simulatori CloudSim

Kohët e fundit, Cloud Computing është shndërruar në një teknologji lider e cila po fillon të përdoret çdo ditë e më shumë dhe ka filluar të ofrojë një shërbim më të sigurtë, më të qëndrueshëm, me performancë më të lartë, e përshkallëzueshme dhe ka një mbështetje të lartë në shërbimet SaaS, PaaS, IaaS (Software, Infrastructure ose Platform as Service).

Për më shumë këto platforma mund të ofrohen në qendra të dhënash në Cloud privat, mund të ofrohen gjithashtu në qendra të dhënash në Cloud publik, ose është e mundur që shërbimi të jetë hibrid, pra i kombinuar ku Cloudi publik dhe privat ndërthuren së bashku.

Këto sisteme të mëdha të arkitekturës Cloud, së bashku me nevojën për rritjen e teknologjive efieente nga ana energjitike, kërkon metodologji të kontrolluara vazhdimisht për vlerësimin e algoritmeve, aplikacione, dhe rregulla para zhvillimit të produkteve të Cloud-it.

Një alternativë e arsyeshme është përdorimi i mjeteve të simulimit, të cilët mundësojnë testimin e hipotezave para se të zhvillojë programin. Specifikisht në rastin e Cloud Computing, ku aksesin në infrastrukturë përkthehet në kosto të mëdha me monedha reale, simulimi i kësaj infrastrukture sjell përfitime të mëdha sepse lejon testimin dhe rritjen në një mjedis pa kosto dhe të kontrolluar. Pasi janë siguruar që aplikacioni është

zhvilluar saktë dhe i ka kaluar të gjitha testet në mjedisin e simuluar, atë e implementojnë më tej në Cloud real.

Nga ana e ofruesit, mjediset e simulimit lejojnë vleftësimin e shumë rasteve ku ndryshon madhësia e parametrave dhe çmimi. Këto lloj studimesh i lejojnë ofruesve që të marrin të dhëna dhe informacione për të optimizuar akcesimin e kostove të burimeve për t'u fokusuar të përfitimi.

Në mungesë të këtyre platformave të simulimit, klientë dhe përdoruesit e Cloudit duhet të mbështeten tek llogaritjet teorike dhe preçize, ose bien pre e gabimeve të ofruesve që çojnë në shërbim me performancë të ulët, gjë që çon në uljen e të ardhurave për kompaninë.

CloudSim është një platformë e zhvilluar fillimisht në ambjentet laboratorike GRIDS të Universitetit të Melburnit, Australi, që prej vitit 2009 [108]. Nëvijim, është bërë një nga simulatorët më të njohur 'open source' në fushën kërkimore dhe atë akademike.

CloudSim është shkruar tërësisht në Java. Është një librari me klasa të gjeneruara në gjuhën e programimit të orjentuar nga objekti: Java mundëson një organizim shumë efikas të të gjitha burimeve që zotëron në përbërjen e tij. Zhvilluar fillimisht si një simulator i vetëm (stand-alone), CloudSim është zgjeruar më tej nga kontributet e studiuesve të pavarur.

Është mjet i cili mundëson modelim, simulim dhe eksperimentim të infrastrukturës së "Cloud computing". CloudSim është një platformë vetëpërmbytëse e cila mund të përdoret për: modelimin e qendrave të të dhënave (Datacenters), shërbime broker-ash, skedulimin e politikave të platformave cloud me shkallëzueshmëri të lartë, modelimin dhe simulimin e burimeve kompjuterike me qëllim uljen e konsumit energjistik si dhe për shërbime të tjera që kanë në fokus komponentët cloud. Gjithashtu garanton një motor virtualizimi me opsione shtesë për modelimin e krijimit dhe menaxhimit të ciklit të jetës së motorëve virtualë në një Datacenter. Ky simulator është i ndërtuar mbi platformën e GridSim.

Objektivi kryesor i CloudSim është që të na ofrojë një framework simulimi ku mund të ndërtojmë shumë modele, simulime dhe eksperimente në infrastrukturat e Cloud

Computing. Duke përdorur CloudSim, kërkuesit dhe zhvilluesit mund të fokusohen më specifikisht te problemet e implementimit të sistemit që ata duhet të merren, pa u munduar shumë me detajet dhe problemet e niveleve të ulëta të arkitekturës që lidhen me shërbimet dhe infrastrukturën e Cloudit.

CloudSim ofron funksionalitete shumë të vlefshme për modelimin, menaxhimin dhe simulimin në Datacenters të shërbimeve Cloud. Prej më të rëndësishmeve mund të përmendim:

- Suport për modelimin dhe simulimin e niveleve të larta të Cloud-it në Datacenter.
- Suport për modelimin dhe simulimin e serverave host të virtualizuar, me politika të modifikueshme për furnizimin e burimeve host me VM.
- Suport për modelimin dhe simulimin e përmbajtësve të aplikacionit.
- Suport për modelimin dhe simulimin për reduktimin e konsumit të energjisë në burimet kompjuterike.
- Suport për modelimin dhe simulimin e topologjive të rrjetit të data center-ave dhe aplikacioneve të “message-passing”.
- Suport për modelimin dhe simulimin e Cloud-eve të federuara.
- Suport për nderfutjen dinamike të elementëve simulues, ndalim dhe rifillim të simulimit.
- Suport për politikave të përcaktuara të përdoruesit për lokalizimin e hostit në makinat virtuale dhe politikave për lokalizimin e burimeve të hostit tek makinat virtuale.

5.1.1 Arkitektura e CloudSim

Shtresa e CloudSim na lejon suportin për modelimin dhe simulimin e mjediseve të Cloud-it duke përfshirë ndërfaqet e dedikuara për menaxhimin e memorjes, storage, bandwidthit dhe makinave virtuale.

Një ofrues i shërbimit Cloud mund të implementojë një strategji të përshtatur sipas kërkesave të tij të kjo shtresë për të studiuar eficientësinë e makinave virtuale tek shërbimi i

tij. Shtresa e kodit të përdoruesit tregon gjërat bazike si numri i makinave, specifikimet, por edhe aplikacionet, makinat virtuale, numrin e përdoruesve, tipet e aplikacioneve dhe rregullat e skedulimit.

Komponentët kryesorë të frameworkut CloudSim, siç përshkruhen edhe në Figurën 5.1, janë:

- **Regjionet:** Modelimi i regjioneve geografike në të cilat shërbimi Cloud alokon burimet teklientët e tyre. Në analizat e Cloudit, ka 6 regjione të cilët i korrespondojnë 6 kontinenteve.

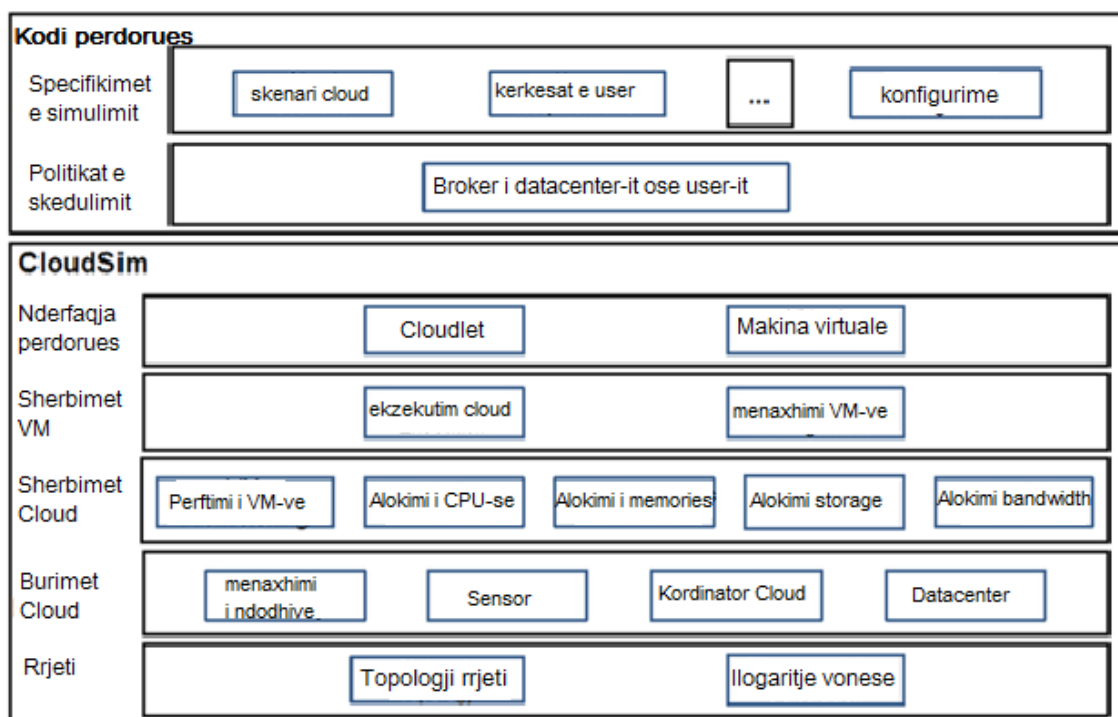


Figura 5.1: Arkitektura e CloudSim [108]

- **Qendrat e të dhënave:** Modelimi i infrastrukturës sipas shërbimeve nga shumë ofrues të shërbimeve Cloud. Ai enkapsulon një bashkësi serverash ose hostesh të cilat janë heterogjen ose homogjen nga natyra, duke u bazuar në konfigurimet hardware.

- **Karakteristikat e qendrave të të dhënave:** Modelimi i informacionit sipas konfigurimeve të burimeve duke u bazuar në qendrat e të dhënave.
- **Hostet:** Modelimi i burimeve fizike (kompjuterike ose ‘storage’).
- **Baza e përdoruesve:** Modelimi i një grupi përdoruesish duke i konsideruar ata si një njësi në simulim, dhe përgjegjësia kryesore është të gjenerojnë trafik për simulimin.
- **Cloudlet:** Specifikon një bashkësi kërkesash nga përdoruesi për përdorimin e burimeve të Datacenter. Mban një ID të aplikacionit, emrin e bazës së përdoruesve që është gjeneratori ku tek i cili duhet të kthehen përgjigjet, si dhe të madhësia e komandave të ekzekutimit të përgjigjes, si dhe skedarët e inputit dhe outputit. Modelon shërbimet e aplikacioneve të bazuara në Cloud. Cloudsim kategorizon kompleksitetin e aplikacioneve në termat e kërkesave kompjuterike. Çdo shërbim aplikacioni ka një gjatësi instruksionesh të inicializuar dhe madhësinë e transferimit të të dhënave që bëhet gjatëciklit të tij të jetës.
- **Service broker:** Bën zgjedhjen se cila qendër të dhënash duhet të përzgjidhet për të ofruar shërbimet që kërkohen nga baza e përdoruesve.
- **Rregullat e alokimit të VM:** Modelon rregullat si të alokojmë VM të hostet.
- **Skeduleri i VM:** Modelon kohën dhe hapësirën e të dhënave të cilat janë bërë ‘share’, duke skeduluar dhe alokuar bërthamat e procesorit të VM.

5.1.2 Pse CloudSim

Cloudsim është një simulatori sofistikuar, robust, prej më shumë se 6 vitesh që përdoret në ambjentet e kërkimit shkencor duke qënë platforma eksperimentale për një numër të konsiderueshëm publikimesh në konferenca apo revista prestigjioze. CloudSim përbën bazën e simulatorëve të ndryshëm në cloud si: GreenCloud, Network CloudSim, EMUSIM, MDC SIM etj.

Fakti që është ‘open source’ e bën komunitetin suportues dhe kontribues tejet të gjerë, me kërkues shkencorë të akademisë apo industrisë të interesuar të eksperimentojnë idetë

e tyre mbi këtë simulator dhe gjithashtu të ndihmojnë rrjetin e të interesuarve për ta çuar përpara zhvillimin e tij. Universitete të ndryshme ndërkombëtare (Indi, Kinë, Japoni, Australi etj) e përdorin këtë simulator në ambjentet e tyre laboratorike.

Një tjetër aspekt pozitiv i Cloudsim është struktura e mirë-organizuar, dhe zgjerueshmëria e tij. Mjafton njohuri në gjuhën Java për të implementuar ngarkesën e punës së dëshiruar, Datacenter-in e dëshiruar, algoritma të rinj skedulimi, alokimi burimesh, etj.

Një kufizim i simulatorit konsiderohet fakti që nuk ofron ndërfaqe grafike, çdo komandë ekzekutohet nga IDE (Integrated Development Environment) i përdorur për programimin në Java.

5.1.3 Diagrama e rrjedhës në CloudSim

Cikli i jetës së CloudSim-it fillon me inicializimin e paketës CloudSim, pastaj krijon Datacenter-a të ndryshëm, broker-a, VM dhe Cloudlets, pastaj fillohet procesi i simulimit, performohen disa procese simulimi, ndalohet procesi i simulimit dhe nxirren rezultatet.

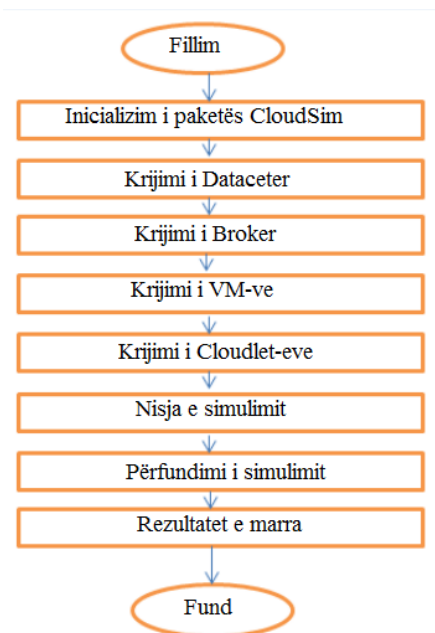


Figura 5.2: Diagrama e rrjedhës së simulatorit CloudSim [108]

Figura 5.2 paraqet hapat që përdoren nga bashkësia e të gjitha klasave që ka CloudSim në dispozicion

5.2 Skedulimi i ngarkesës së punëve

Sfida kryesore me energjinë diellore dhe të erës është se, ndryshe nga energjia e rrjetit tradicional, është jo konstante dhe e luhatshme në varësi nga kushtet atmosferike. Për të zbehur këtë luhatje të vlerave, Datacenter mund të depozitojnë energjinë e tepërt në bateri ose ta shesë në rrjetin elektrik. Sidoqoftë, këto përjasje paraqesin humbje të energjisë nga konvertimi nga njëra formë në tjetrën për t'u përshtatur pajisjes së re ku do të ruhet, gjithashtu kosto të larta shtesë për bateritë.

Në vend të menyrës së depozitimit të energjisë së tepruar të rinovueshme, Datacenter mund të maksimizojë përdorimin e energjisë së disponueshme të rinovueshme duke përputhur kërkesën për energji (e nevojshme për punën përlllogaritëse të serverave) me sasinë furnizuese. Nevoja për të përshtatur kërkesën për energji me nivelin e energjisë së ofruar për furnizim shtron shumë pyetje të reja interesante për kërkim. Përshembull, cilat tipe ngarkesa punëmund t'i nënshtrohen Datacenters jeshile? Cilat teknika mund të aplikojmë për të përputhur sa më mirë kërkesën për energji me furnizimin e ndryshueshëm që na ofron energjia e rinovueshme? Sa saktë mund të parashikohen disponueshmeria e energjisë diellore dhe asaj të erës? Nqs do të përdorim bateri, si duhet t'i menaxhojmë ato? A është e leverdisshme të shfrytëzojmë shpërndarjen gjeografike të Datacenters për maksimizimin e përdorimit të energjisë së rinovueshme? Nqs kemi mundësi zgjedhje, ku duhet t'i vendosim.

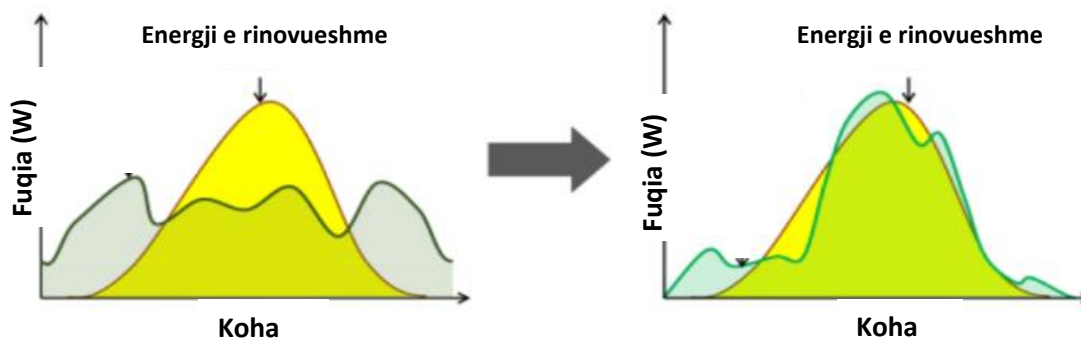


Figura 5.3: Në të majtë, kërkesa për energji e pasinkronizuar me energjinë diellore të disponueshme. Në të djathtë, pas aplikimit të algoritmit të skedulimit të ngarkesës së punës, synohet që konsumi energjistik t'i përafrohet formës së ofertës nga energjia diellore

Algoritmi për shtyrjen e punëve synon që të marrë masa mbi dërgimin urgjent për ekzekutim apo shtyrjen në kohë bazuar në sasinë e disponueshme të energjisë së rinovueshme në avancë kohore. Avanca kohore ku kontrollohet nëse parashikohet interval rritës apo zbritës i energjisë së rinovueshme është 10 minuta për punët e shkurtra, 30 minuta për punët e mesme dhe 60 minuta për punet e gjata. Shtyrja në kohë realizohet bazuar në kohëzgjatjen e punës, afatin e kërkuar të përfundimit, dhe logjikës së algoritmit për t'i grumbulluar punët e gjata në pikun e energjisë së rinovueshme. Algoritmi në formë pseudokodi dhe bllokskemë për algoritmin e skedulimit të punëve jepet në vijim, dhe në Figurën 5.4. Shtyrja e punës në kohë nënkupton kohën kur do t'i alokohen burime përpunuese kësaj pune, ndërsa x është kohëzgjatja e punës së shkurtër, y kohëzgjatja e punës së mesme, dhe z kohëzgjatja e punës së gjatë.

Pseudokodi:

1. Punë e re mbërrin
2. Është urgjente?
3. Nqs po aloko makinë virtuale për të nëpërmjet broker-it.
4. Nqs jo shko te 5
5. A është kërkesa në një interval rritës të energjisë?
(parashikohet rritje në vijim)?
6. Nqs po shko të 7, nqs jo shko te 12
7. A është puna e shkurtër?
8. Nqs po, shtyje në kohë me gjatësinë e punës $t_{re} = (t_{mbërritje} + x)$
9. Nqs jo, ka kohëzgjatje mesatare?

10. Nqs po, shtyje në mesin mes kohës së mbërritjes dhe afatit
 $t_{re} = [t_{mbërritje} + (afati - t_{mbërritje})/2]$
11. Nqs jo, dmth është punë e gjatë: shtyje në maksimumin e lejuar
 $t_{re} = (t_{mbërritje} + afati - 1.2*z)$ (20% tolerancë për interval sigurie)
12. Kërkesa ka mbërritur në një kohë kur energjia e rinovueshme është në rënie.
 A është puna e shkurtër?
13. Nqs po, shtyje në maksimumin e lejuar
 $t_{re} = [t_{mbërritje} + afati - 1.1*x]$ (10% tolerancë për interval sigurie)
14. Nqs jo, ka kohëzgjatje mesatare?
15. Nqs po, shtyje në mesin mes kohës së mbërritjes dhe afatit
 $t_{re} = [t_{mbërritje} + (afati - t_{mbërritje})/2]$
16. Nqs jo, dmth është punë e gjatë, ekzekutoje direkt, mgjs nuk është punë urgjente.

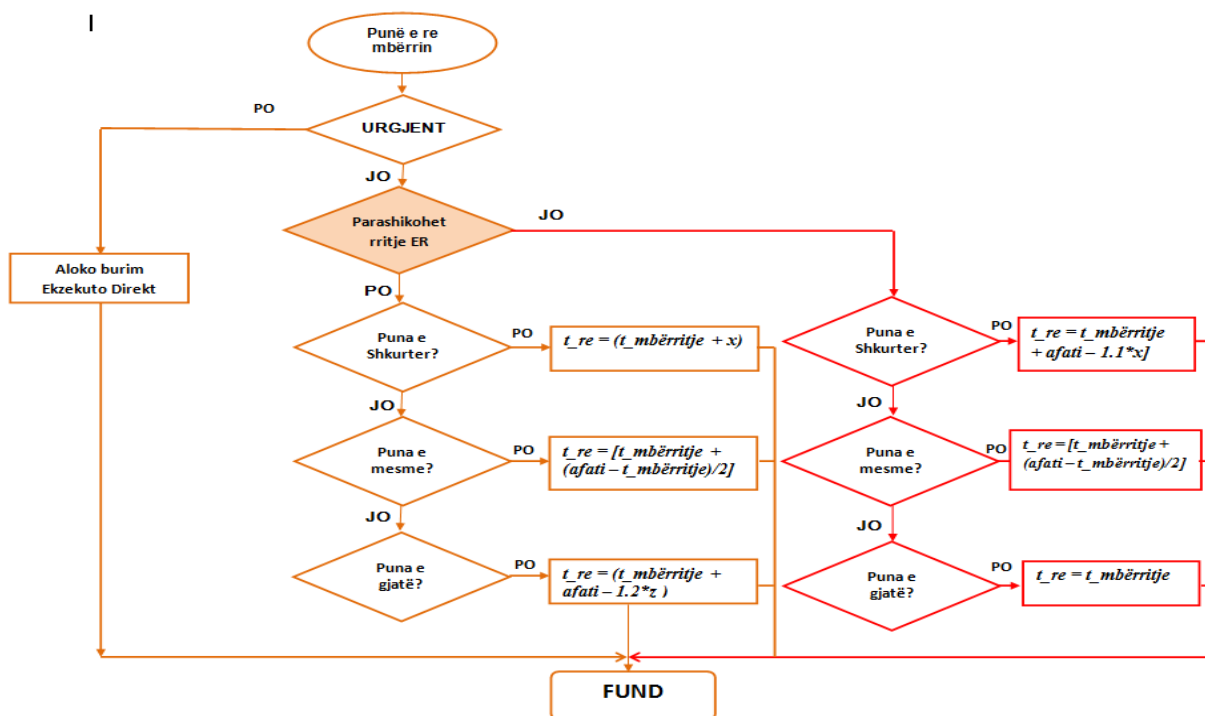


Figura 5.4: Bllokskema për algoritmin e skedulimit të punëve

5.3 Skedulimi i burimeve energjitike

Një nga detyrat e simulatorit është skedulimi i burimeve energjitike të cilat shërbejnë për të furnizuar një Datacenter, në rast se përdoret më shumë se një i tillë. Nëse rrjeti elektrik është furnizuesi i vetëm atëherë kurba e konsumit të energjisë nga ky rrjet do të përputhej plotësisht me kurbën e konsumit energjistik të Datacenter, duke qënë se rrjeti

ofron energji të vazhdueshme dhe sipas masës së kërkuar. Por, nëse operatorët e Datacenter vendosin të kenë më shumë se 1 burim energjistik, si psh të përdorin bateri për ‘backup’ apo për të shkuar më tej me integrimin e linjës ushqyese me energji të rinovueshme, atëhere çështja e skedulimit të tyre përbën një sfidë dhe një problem për zgjidhje. Sa do të jetë sasia e përdorimit të secilës prej furnizuesve me energji dhe kur, e sipas cilës radhë, do të shkëmbehen këto burime ushqyese të Datacenter?

Nje problematikë e tillë është trajtuar ndjeshëm në literatura në vitet e fundit. Metoda tradicionale e skedulimit të burimeve energjitike në rastin kur është përdorur energji e rinovueshme [36, 70] është prioritet sipas ekuacionit të dhënë si më poshtë:

$$K = ER + \textit{bateri} (+ \textit{rrjeti opsional})$$

ku K paraqet konsumin energjistik të Datacenter, ER përfaqëson energjinë e rinovueshme e cila gjenerohet nga burimet e energjisë së rinovueshme (panelet diellore dhe turbinat e erës) dhe $rrjet$ nënkupton energjinë elektrike që merret nga shpërndarësi, të cilën disa prej kërkuesve e përdorin si rezervë. **Bateria** paraqet konsumin e baterisë si mjet rezervë. Energjia që synohet të merret nga rrjeti është minimale ose zero. Por kjo skemë duket ende jo-realiste dhe jo optimale. Kjo, për shkak se një kapërcim i menjëhershëm nga energjia tradicionale në atë të rinovueshme, me gjithë rezervën e siguruar nga bateritë, nuk është ende i implementueshëm 100%. Është e vërtetë që e ardhmja synohet të jetë e tillë, por aktualisht, rrjeti standart elektrik përbën mbështetjen bazë për ushqimin e Datacenter, veçanërisht në momente kulmore të trafikut të ngarkesës së punës.

Nga ana tjetër, bateritë nuk sugjerohet të përdoren si prioritet i dytë, direkt pas energjisë së rinovueshme, për arsye të mëposhtme:

- Për të përballuar mungesën e energjisë së rinovueshme, do të ishte i nevojshëm një kapacitet i lartë i baterisë që plotëson nevojat e Datacenter, që përkthehet në kosto më të lartë blerje dhe suportuese të baterive.

- Bateritë pësojnë humbje të rendimentit energjistik që shkon deri në 30% nga konvertimet AC/DC dhe anasjelltas.
- Bateritë janë toksike për ambientin për shkak të lëndëve nga ndërtohen të cilat ndotin ambientin kur mbarojnë ciklin e tyre të jetës.
- Bateritë vetë – shkarikohen.

Skema e re e skedulimit të burimeve energjitike që propozojmë në studimin e paraqitur në këtë disertacion jepet me anë të ekuacionit të mëposhtëm:

$$K = ER + rrjet_{kufizuar} + bateri$$

ku K paraqet konsumin energjistik të Datacenter, ER përfaqëson energjinë e rinovueshme e cila gjenerohet nga burimet e energjisë së rinovueshme (panelet diellore dhe turbinat e erës). $Rrjet_{kufizuar}$ nënkupton energjinë elektrike që merret nga shpërndarësi e kufizuar nga lart sipas një teknike kufizimi të fuqisë në mënyrë dinamike. Faktori dinamik i kufizimit të fuqisë detajohet në vijim të këtij paragrafi. **Bateria** paraqet konsumin e baterisë si mjet rezervë. Të katërta këto madhësi gjurmohen brenda 24 orëve për çdo interval kohe t të paracaktuar, një parametër ky i konfigurueshëm në simulator. Të dhënat për përdorimin e secilës prej burimeve dhe konsumit energjistik ruhen në skedar për t u ilustruar më tej grafikisht.

Çfarë është e rëndësishme të theksohet për këtë ekuacion të burimeve energjitike është prioriteti i skedulimit të tyre sipas radhës së paraqitur. Konkretisht, prioritet mbi 3 burimet energjitike ka energjia e rinovueshme, më pas vijon energjia e rrjetit elektrik dhe në fund bateria. Pritshmëria teorike për rezultatet e implementimit të këtij ekuacioni është një rritje e ndjeshme e konsumit të energjisë së rinovueshme, minimizim i energjisë së marrë nga rrjeti elektrik si dhe optimizim i përdorimit të baterisë. Rezultatet e simulimit të kësaj teknike të re skedulimi të burimeve energjitike do të paraqiten në Kapitullin 6.

Duke vijuar më tej me një element tjetër të ri që implementohet në këtë studim njihemi me faktorin ‘power capping’ i cili ndryshon në mënyrë dinamike mes 4 nivelesh

në varësi të diferencës mes konsumit energjistik të Datacenter dhe energjisë së rinovueshme të disponueshme në të njëjtin çast kohe t . Për implementimin real të kësaj pike do të nevojitej një parashikim i konsumit energjistik në çdo interval kohor.

Veçoria e kësaj teknike të propozuar është se siguron përfitimet e saj maksimale vetëm nqs është aplikuar më parë një skedulim i ngarkesës së punës në mënyrë të tillë që të kemi maksimizim të përdorimit të energjisë së rinovueshme.

Bazuar në karakteristikat e ngarkesës së punës, përcaktojmë 4 diapazone nivelesh të konsumit energjistik të Datacenter. Bazuar në karakteristikat e energjisë së rinovueshme, përcaktojmë 3 diapazone nivelesh të energjisë së rinovueshme të disponueshme. Ndër 12 kombinimet e mundshme mes sasisë së energjisë së rinovueshme dhe konsumit energjistik të cilat ndryshojnë në mënyrë dinamike gjatë kohës së simulimit, përcaktojmë 4 faktorë niveli të “power capping” sipas matricës më poshtë:

Konsumi \ ER	1	2	3
1	2	1	1
2	3	2	1
3	4	3	2
4	4	4	3

Mënyra si interpretohet kjo matricë shpjegohet në vijim.

Kombinimi dysh mes indekseve të rreshtave dhe shtyllave përfaqësojnë kombinimin mes nivelit të konsumit energjistik dhe energjisë së rinovueshme. Shifra e parë nisur nga e majta shpreh nivelin e konsumit energjistik, paraqitur nga 4 rreshtat e matricës. Duke u bazuar në vlerën maksimale të konsumit energjistik të arritur nga provat e shumta të simulimit, përcaktojmë me vlerën 1 sasi të ulët të konsumit energjistik. Konkretisht, ky nivel përcaktohet si diapazoni i vlerave nga 0-25% të maksimumit të arritur. Niveli 2 përcaktohet nga vlera që ndodhen në segmentin 26%-50% të maksimumit, niveli 3 nga segmenti 51%-75% dhe niveli 4 presupozon një diapazon vlerash që bëjnë pjesë në segmentin 76%-100% të vlerës maksimale të konsumit energjistik.

Në të njëjtën mënyrë, shifra e dytë (indeksi i shtyllës) shpreh nivelin e energjisë së rinovueshme, paraqitur nga 3 kolonat e matricës. Duke u bazuar në vlerën maksimale të energjisë së rinovueshme që disponohet, të dhëna që merren nga një skedar input, përcaktojmë me vlerën 1 sasi të ulët të energjisë së rinovueshme të disponueshme dhe me vlerën 3 sasi të larta. Konkretisht, niveli 1 përcaktohet si diapazoni i vlerave në rangun 0-33% të maksimumit, niveli 2 vlerat në segmentin 34-66% dhe niveli 3 si 70%-100% e maksimumit të ofruar. Kështu, kombinimi 42 do të thotë konsum maksimal energjitik (niveli 4) dhe nivel mesatar (niveli 2) i energjisë së rinovueshme.

Për çdo kombinim dysh rresht/shtyllë gjenerohet një faktor kufizim fuqie (niveli ‘power capping’) sipas logjikës: sa më e madhe të jetë diferenca mes niveleve të konsumit energjitik me energjinë e rinovueshme aq më i lartë është ky faktor, rrjedhimisht do të rritet sasia e energjisë që merret nga rrjeti elektrik për të mbuluar nevojat e paplotësuara nga energjia e rinovueshme.

Për shembull, kombinimeve 12, 13 dhe 23 u caktohet niveli 1, minimal, i ‘power capping’ që do të thotë: nqs konsumi energjitik është minimal, niveli 1, ose i ulët, niveli 2, ndërsa energjia e rinovueshme është mesatare, niveli 2, dhe e lartë, niveli 3, merret e mirëqënë që energjia e rinovueshme e përballon më së shumti vetë nevojën për energji, me ndihma zero ose minimale të energjisë së rrjetit. Ndërsa kombinimeve 31, 41, 42 u caktohet niveli 4 i ‘power capping’ pasi presupozohet se niveli i lartë i konsumit energjitik ka nevojë për plotësim në vlera të mëdha nga energjia e rrjetit përderisa energjia e rinovueshme e disponueshme është nivel minimal (1) dhe mesatar (2).

Blokskema që paraqet algoritmin e skedulimit të burimeve energjitike, bazuar në skemën prioritare të propozuar, paraqitet në Figurën 5.5. Si hyrje e këtij algoritmi shërbejnë konsumi energjitik dhe energjia e rinovueshme në çastin t , dhe bazuar në diferencën sasiore mes tyre përcaktohet lloji i burimit të energjisë dhe sasia që do tërhiqet nga secili prej tyre, duke afishuar në përfundim, për përpunim e vlerësime të mëtejshme.

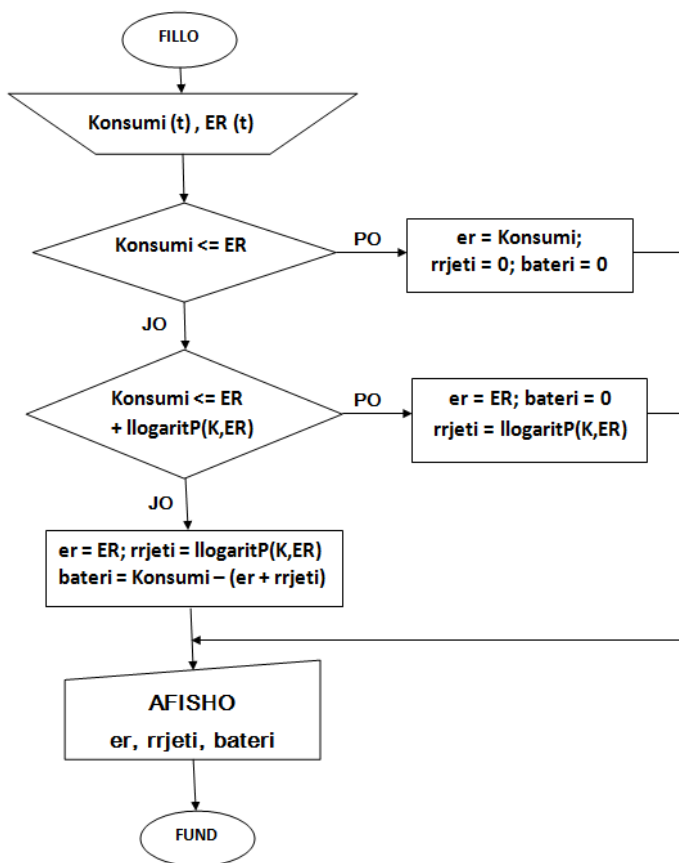


Figura 5.5: Bllokskema e algoritmit të burimeve energjitike

Avantazhet e përdorimit të faktorit të kufizimit të fuqisë që merret nga rrjeti (‘power capping’) kundrejt plotësimit të diferencës, për mbulimin e kërkesës energjitike të Datacenter me energji, janë:

- Energji nga rrjeti e fiksuar, e kufizuar, lehtësisht e përlllogaritshme, relativisht e parashikueshme.
- Nxit përdorimin e baterisë vetëm atëherë kur energjia e rinovueshme plus energjia e rrjetit **e kufizuar** nuk i mbulon nevojat. Bateria do të ngarkohet gjatë periudhave kur energjia e rinovueshme disponohet në sasi më të madhe se kërkesa për konsum energjistik nga Datacenter, duke mos e çuar atë dëm.
- Por, nuk e mbipërdor baterinë duke shkaktuar ngarkime/shkarkime të shpeshta, siç ndodh në rastin e mospërdorimit të energjisë së rrjetit. Nga ana tjetër, pikërisht

përdorimi i energjisë së rrjetit redukton kapacitetin e kërkuar të baterisë për të mbuluar diferencën kur ka mungesa të energjisë së rinovueshme.

5.4 Përmbledhje

Në këtë kapitull u përshkruan detaje rreth ambjentit të implementimit të 2 algoritmave risi. Si fillim u njohëm me ambjentin e punës, simulatori CloudSim, duke dhënë detaje mbi mënyrën e strukturimit dhe në cilët module të tij kemi ndërhyrë për të realizuar kontributet e këtij punimi. Më pas u njohëm në detaje me algoritmin e skedulimit të punëve dhe të burimeve energjitike, nga pikëpamja e analizës, sintezës, dhe implementimit në gjuhën Java. Testimi i këtyre algoritmave zhvillohet në Kapitullin 6 të këtij disertacioni.

KAPITULLI 6

Eksperimente dhe rezultatet

Në këtë kapitull do të paraqesim eksperimentet e realizuara lidhur me studimin e kryer, rezultatet dhe diskutime mbi to. Së pari do të testohet algoritmi i skedulimit të punëve duke vërtetuar shtyrjen e punëve jo urgjente në përqindjen e punëve të shtyra dhe kohën me të cilën janë shtyrë. Më tej, do të vëmë në dukje ndikimin e kësaj shtyrje në konsumin energjitik dhe përdorimin e energjisë së rinovueshme duke krahasuar dy skenarët: pa dhe me aplikimin e algoritmit të propozuar. Rezultati i pritur është një përshtatje grafike e konsumit energjitik me energjinë e rinovueshme, që interpretohet si rritje e përqindjes së energjisë së rinovueshme të disponueshme e cila faktikisht është përdorur nga Datacenter.

Bashkësia e dytë e eksperimenteve ka të bëjë me testimin e algoritmit të skedulimit të burimeve energjitike. Qëllimi i eksperimenteve është të testojë skemën prioritare të propozuar duke e krahasuar atë me 2 skenarë të tjerë. Përballëndosja e parë do të kryhet me skemën aktualisht faktike në përdorim ku e gjithë kërkesa për energji nga Datacenter mbulohet 100% nga energjia e rrjetit tradicional. Krahasimi i dytë do të zhvillohet me skemën e testuar në laborator, implementime reale apo në simulator, ku rrjeti elektrik thuajse është eliminuar totalisht si burim; burimet kryesore janë energjia e rinovueshme dhe bateria.

Procedura që ndiqet për zhvillimin eksperimenteve kalon në këto 3 etapa, të cilat kryhen në simulatorin CloudSim:

1. Gjenerimi i ngarkesës së punës duke ekzekutuar skedarin generate.java. Ky skedar merr si input të dhenat për numrin e punëve dhe karakteristikat e tyre dhe gjeneron në dalje cloudletet të cilat më pas ngarkohen në makinat virtuale për shërbim. Ky hap kryhet vetëm 1 herë për një set eksperimenti, pasi është modeluar saktësisht ngarkesa e punës që duam të ekzekutojmë në Datacenter.

2. Ekzekutimi i ngarkesës së punës në Datacenter nëpërmjet skedarit Dvfs.java, merr si input cloudletet e gjeneruar në hapin e parë dhe rezulton në dalje me konsumin energjistik të Datacenter. Bazuar në vlerën e një variabli që merr vlerë të vërtetë ose të gabuar, mbi aplikimin e algoritmit të shtyrjes së punëve ose jo, ky hap kryhet 2 herë për të krahasuar vlerën dhe kurbën e konsumit energjistik pa shtyrjen e punëve dhe me shtyrjen e punëve për t'u kryer.
3. Ekzekutimi i skedarit calcPowerCap.java që aplikon algoritmin e skedulimit të burimeve energjitike. Ky skedar merr si input konsumin energjistik të gjeneruar në hapin e mësipërm dhe energjinë e rinovueshme të disponueshme për 24 orë. Në dalje, ky hap gjeneron 3 skedarë që paraqesin sasinë e energjisë që është përdorur nga energjia e rinovueshme, nga energjia e rrjetit dhe nga bateria, për të arritur konsumin energjistik të kërkuar nga Datacenter.

6.1 Algoritmi i skedulimit të punëve

Si rezultat i aplikimit të algoritmit të skedulimit të punëve, punët të cilat nuk janë urgjente apo që nuk trajtohen si të tilla nga algoritmi, shtyhen sipas masës së përcaktuar në algoritëm, e cila ka lidhje me kohëzgjatjen e punës dhe afatin kohor kur ajo duhet të përfundojë. Kjo për të mos shkelur afatet e vendosura dhe për të siguruar cilësinë e shërbimit sipas kontratës me klientin.

Një punë është urgjente nqs ajo specifikohet si e tillë në konfigurimin e ngarkesës së punës, konkretisht 20 prej punëve të shkurtra janë urgjente, ose nqs trajtohet si urgjente nga algoritmi për shkak të parashikimit të disponueshmërisë së energjisë së rinovueshme. Kështu, algoritmi parashikon se nqs ndodhemi para situatës ku energjia e rinovueshme pritet të bjerë në nivel në 1 orë në avancë, puna detyrohet të kryhet urgjent me qëllim shfrytëzimin e energjisë aktuale, megjithëse afati i punës nuk është urgjent. Kjo artificë aplikohet për punët e gjata.

Sipas eksperimentit të kryer, ndërsa energjia e rinovueshme përfaqësohet nga ajo diellore në një ditë të kthjellët vere, rezulton se nga 400 punë, 352 prej tyre shtyhen në një interval nga një minimum prej 20 minutash deri në rreth 8 orë, me një mesatare shtyrje rreth 2.5 orë. Ndërsa 48 prej tyre nuk shtyhen. Ndër këto 48, 20 janë punët e shkurtra të cilësuar si urgjente që prej konfigurimit të ngarkesës së punës, ndërsa 28 janë punë të gjata të cilat ekzekutohen gjatë periudhës së pasdites, kur niveli i energjisë diellore është në rënie, mgjs afati i këtyre punëve të gjata është 4-12 orë.

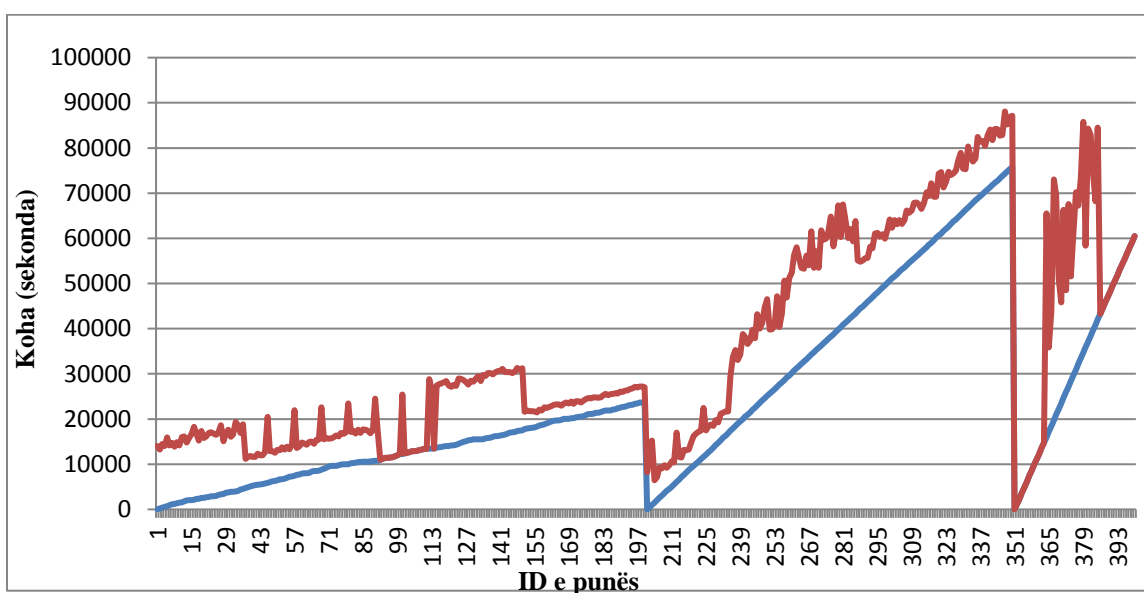


Figura 6.1: Koha e mbërritjes së punëve të shkurtra të mesme dhe të gjata, me ngjyrë të kuqe. Koha reale e ekzekutimit të tyre, shtyrë në kohë sipas mundësisë së afatit të tyre dhe disponueshmërisë së energjisë së rinovueshme, me ngjyrë blu

Figura 6.1 shfaq, në grafimin me të kuqe ardhjen e punëve të shkurtra, të mesme dhe të gjata. Ndërsa me blu shënohet koha kur praktikisht janë dërguar për ekzekutim nga simulatori, duke ilustruar kështu shtyrjen në kohë të punëve të cilat janë tolerante në afat.

Një parametër tjetër matës për të treguar shtyrjen e punëve në kohë drejt intervaleve kur ka më shumë energji të rinovueshme, është gjurmimi i konsumit energjistik pa dhe me shtyrjen e punëve. Kështu kryejmë një bashkësi eksperimentesh për të vënë në dukje përshtatjen e konsumit energjistik me energjinë e rinovueshme të disponueshme. Prova e

parë që vërteton këtë është paraqitja grafike e kurbës së konsumit energjistik të Datacenter si dhe rritja e përdorimit të sasisë së energjisë së rinovueshme. Skenarët e simulimit janë 3 skenarë eksperimentale me input një ngarkesë pune njëtrajtshëm të shpërndarë gjatë 24 orëve si dhe input energjie të rinovueshme merren energji diellore në ditë vere të kthjellët, energji diellore në ditë vere të vranët dhe energji e erës. Skenari i katërt simulon Datacenter që ushqehet me energji diellore të një ditë të kthjellët, por me një ngarkesë pune me fluks të ndryshueshëm gjatë kohës së simulimit, ku pikë i parë është paradite dhe pikë i dytë në darkë.

Për secilin prej skenarëve do të krahasohet gjithashtu vlera e përdorimit të energjisë së rinovueshme pa e aplikuar algoritmin dhe duke e aplikuar atë, shprehur në vlerë dhe përqindje rritje. Pritshmëria është një rritje e konsiderueshme e utilizimit në të gjithë skenarët eksperimentale.

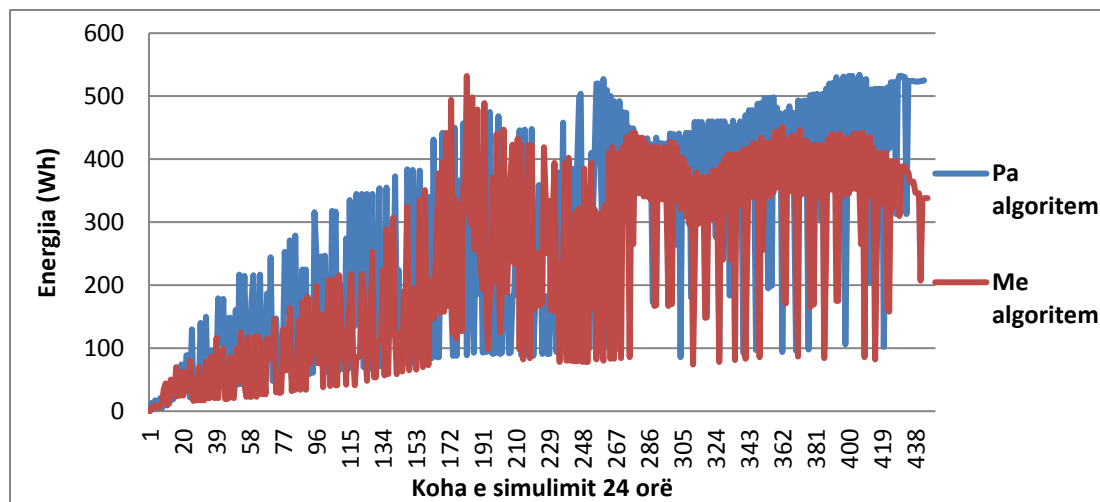


Figura 6.2: Konsumi energjistik pa dhe me shtyrjen e punëve, ngarkesë e njëtrajtshme, energji diellore, ditë e kthjellët

Rezultati i treguar në Figurën 6.2 tregon konsumin energjistik të Datacenter pa shtyrjen e punëve duke e krahasuar atë me grafën pasi është aplikuar algoritmi i shtyrjes në kohë të punëve. Siç duket qartë nga figura, kjo i përngjason shumë më tepër grafat të energjisë së disponueshme të rinovueshme, që praktikisht përkthehet në një përdorim më

të madh të energjisë së rinovueshme. Konkretisht, vlera e rritjes së përdorimit të energjisë diellore në ditë të kthjellët është 11%. Figura 6.3 paraqet rezultatin e krahasimit të konsumit energjistik për skenarin e dytë eksperimental. Vihet re një reduktim i konsumit energjistik në orët e para të ditës pasi punët dërgohen për t'u ekzekutuar në kohë të mëvonshme kur parashikohet energji rritëse e rinovueshme. Ndërsa gjatë periudhës zbritëse tentohet që të kryhet punët e gjata duke i shtyre punët e shkurtra që kërkojnë më pak burim përpunues. Utilizimi i energjisë së rinovueshme në këtë skenar pëson një rritje me aplikimin e algoritmit që shkon në 19 %.

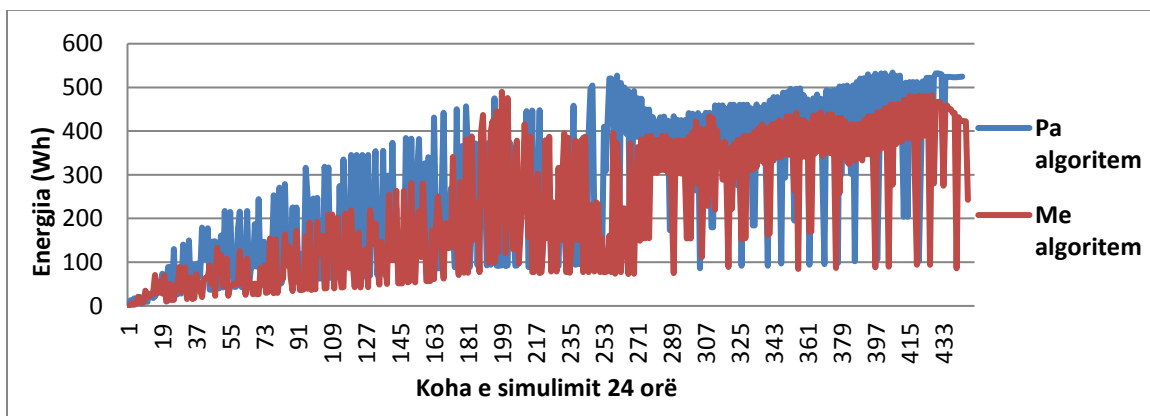


Figura 6.3: Konsumi energjistik pa dhe me shtyrjen e punëve, ngarkesë e njëtrajtshme, energji diellore, ditë e vranët

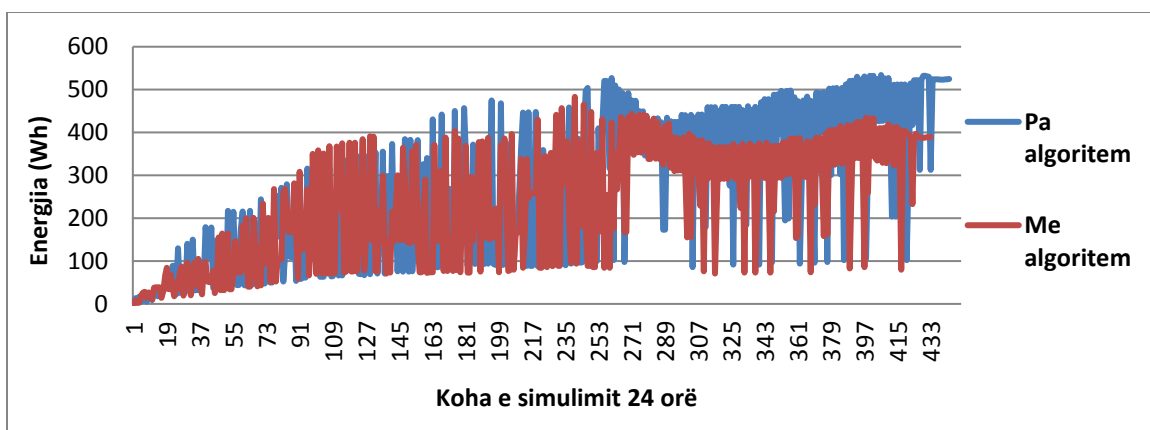


Figura 6.4: Konsumi energjistik pa dhe me shtyrjen e punëve, ngarkesë e njëtrajtshme, energji e erës

Në skenarin e tretë, përshkruar nga Figura 6.4, krahasohen konsumi energjistik pa aplikimin e algoritmit dhe me aplikimin e tij. Vihet re se forma e grafit pas aplikimit i përngjan më shumë formës së energjisë së erës, e cila vërtetohet edhe me utilizimin e energjisë së rinovueshme me aplikimin e algoritmit që pëson një rritje prej 15%.

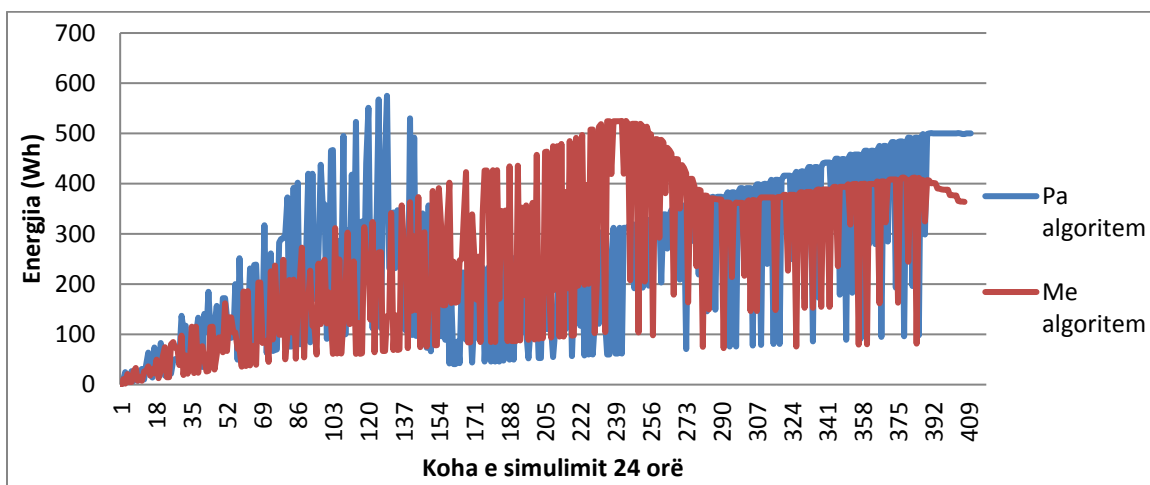


Figura 6.5: Konsumi energjistik pa dhe me shtyrjen e punëve, ngarkesë jo e njëtrajtshme me 2 flukse, energji diellore, ditë e kthjellët

Në skenarin e katërt, ilustruar në Figurën 6.5, vihet re se fluksi i ngarkesës së punës është jo i njëtrajtshëm por me intensitet të theksuar paradite dhe gjatë darkës. Atëherë, sipas rezultatit të eksperimentit, vlerësohet se utilizimi i energjisë së rinovueshme me aplikimin e algoritmit rritet 21%.

Vlera mesatare e konsumit energjistik është 120 kWh, bazuar në bashkësi prej 5 provash eksperimentale, për të njëjtin input. Nqs do të supozonim se Datacenter do të furnizohet me energji të rinovueshme për 75% të kërkesës së tij, do të thotë që është e nevojshme të sigurohet një sasi prej afro 90 kWh energji e rinovueshme. Në kohë të ndryshme, kjo sasi përftohet nga sipërfaqe të ndryshme panelesh diellore apo numër turbinash. Duke u nisur nga të dhënat e përshkruara në paragrafin 4.5, sasia e disponueshme e energjisë që prodhohet nga 1 m² panel diellor fotovoltaik është: 6.4 kWh në një ditë tipike të kthjellët vere dhe 3.5 kWh në një ditë tipike të vranët vere (pa llogaritur koeficientin e panelit diellore). E përkthyer në sasi mjetesh gjenerimi do të thotë

se nevojiten 27 m² panele diellore në një ditë të vranët ose 14 m² panele diellore në një ditë të kthjellët. Nqs do të konsideronim një panel diellor me koefiçent 0.4, atëherë sasia e energjisë që siguron një panel do të ishte 2.56 kWh e 1.4 kWh, kështu do të nevojiteshin përkatësisht 67.5 m² për të siguruar sasinë e nevojshme në një ditë të vranët dhe 35 m² në një ditë të kthjellët. Njëlloj mund të themi se, mqs mesatarja e energjisë së erës që prodhohet nga 1 turbinë ere 1000W HY-1000, është rreth 2 kWh në ditë tipike të kthjellët vere dhe 2.5 kWh në ditë tipike të vranët vere, do të nevojiteshin rreth 40-42 turbina ere për të mbuluar 75% të nevojave të Datacenter për energji.

Në mënyrë ekuivalente, nqs do të kombinonim të dy llojet e burimeve do të funksiononte cdo zgjidhje për x e y që plotëson ekuacionin e mëposhtëm:

$$2.56 \text{ kWh} * x (\text{m}^2 \text{ panele diellore}) + 2.5 \text{ kWh} * y (\text{turbina}) = 90 \text{ kWh}$$

Si zgjidhje e këtij ekuacioni mund të shërbenin 20 turbina dhe rreth 16 m² panele diellore ose 10 turbina dhe rreth 26 m² panele diellore, për ta furnizuar pra Datacenter me 75% energji të rinovueshme.

Nëpërmjet vlerave të marra nga eksperimentet, nemund të matim gjithashtu përqindjen e energjisë së disponueshme e cila është përdorur për të furnizuar Datacenter. Vlera e përllogaritur është 11% për një ditë të qartë, 19% përnjë ditë me re dhe 15% nqs është përdorur energji ere. Përqindja e papërdorur paraqet energji që ka shërbyer për të karikuar bateritë apo energji e shkuar dëm nëse ajo nuk shfrytëzohet për t'u ruajtur në bateri apo për t'u blerë nga një konsumator tjetër energjie. Duke krahasuar me një punim të ngjashëm [36] i cili ndërton një skeduler për menaxhimin e ngarkesës dinamike të punës, ku arrihet rritje prej 14% e përdorimit të energjisë së rinovueshme, arrijmë mesatarisht të njëjtin rezultat për energjinë diellore por një rezultat më të lartë për energjinë e erës.

6.2 Algoritmi i skedulimit të burimeve energjitike

Algoritmi i dytë që propozohet dhe testohet në këtë punim doktore ka të bëjë me skedulimin e burimeve energjitike. Duke përcaktuar rendin sipas së cilit ka prioritet njëri burim kundrejt tjetrit, synoj që të maksimizoj përdorimin e energjisë së rinovueshme dhe më pas reduktimin e energjisë nga rrjeti elektrik duke e kufizuar nga lart me teknikën ‘power capping’ dinamike dhe optimizimi i baterisë si burim rezervë. Madhësitë matëse dhe krahasuese në eksperimentet e zhvilluara janë energjia e konsumuar nga Datacenter, energjia e rinovueshme e përdorur, energjia e marrë nga rrjeti elektrik dhe energjia e marrë nga bateria.

Skenarët eksperimentalë që do të zhvillohen në kuadër të testimit të këtij algoritmi janë 4. Ato kanë për qëllim të nxjerrin në pah, përveç vlerave për madhësitë e lartpërmendura, edhe diferencën midis skemës aktuale mbi të cilën funksionojnë Datacenters realë, skemës eksperimentale propozuar në laboratore e simulatorë nga kërkues shkencorë, dhe skemës së propozuar në këtë disertacion. Skenari 1 do të njohë me rezultatet e algoritmit të ri të aplikuar. Ndërsa skenarët 2, 3 dhe 4 kërkojnë të krahasojnë 3 skemat e përdorura për skedulimin e burimeve energjitike: implementimi real në Datacenters të sotme, referuar në vijim me emrin skema 1, implementime tipike të mëparshme në laborator, referuar me emrin skema 2, dhe implementimi i ri i propozuar në këtë disertacion, referuar më tej me emrin skema 3.

Skenari 1

Skenari 1 realizohet për të paraqitur rezultatin e aplikimit të algoritmit të ri të skedulimit të burimeve energjitike duke shprehur informacion mbi prioritetin, sasinë dhe përqindjen e përdorimit të burimeve për të plotësuar kërkesat energjitike të Datacenter. Kështu, Figura 6.6 paraqet sasinë e energjisë së rinovueshme të përdorur kundrejt konsumit energjistik të Datacenter, gjatë 24 orëve të simuluar, ndërsa Figura 6.7 paraqet përdorimin e energjisë nga rrjeti elektrik dhe bateria për të njëjtin konsum.

Meqënëse piku i konsumit të Datacenter në historikun e eksperimenteve për ngarkesën e dhënë arrin në 522 W, ndarja në 4 intervalet do të përfshinte këto vlera: segmenti “konsumi i ulët” 1-130 Wh, segmenti “konsum mesatar” 131-270, segmenti “konsum i lartë” 271-400 Wh, dhe segmenti “pik” 401 – 530 Wh. Ndërkohë, piku i gjeneruar nga energjia e rinovueshme është 1200 Wh, nga e cila gjenerojmë 3 intervale mes këtyre vlerave: “nivel i ulët” 0 – 300 Wh, “nivel i mesëm” 301 – 500 Wh, dhe “nivel i lartë” 501 – 1200 Wh. Duhet përmendur se ky pik arrik vetëm 1 herë në zenit, kur dielli arrin maksimumin e lartësisë së tij mbi tokë. Kjo do të thotë se gjatë mungesës së diellit do të ketë mbulim të kërkesës nga Datacenter vetëm me energji rrjeti të kufizuar dhe bateri.

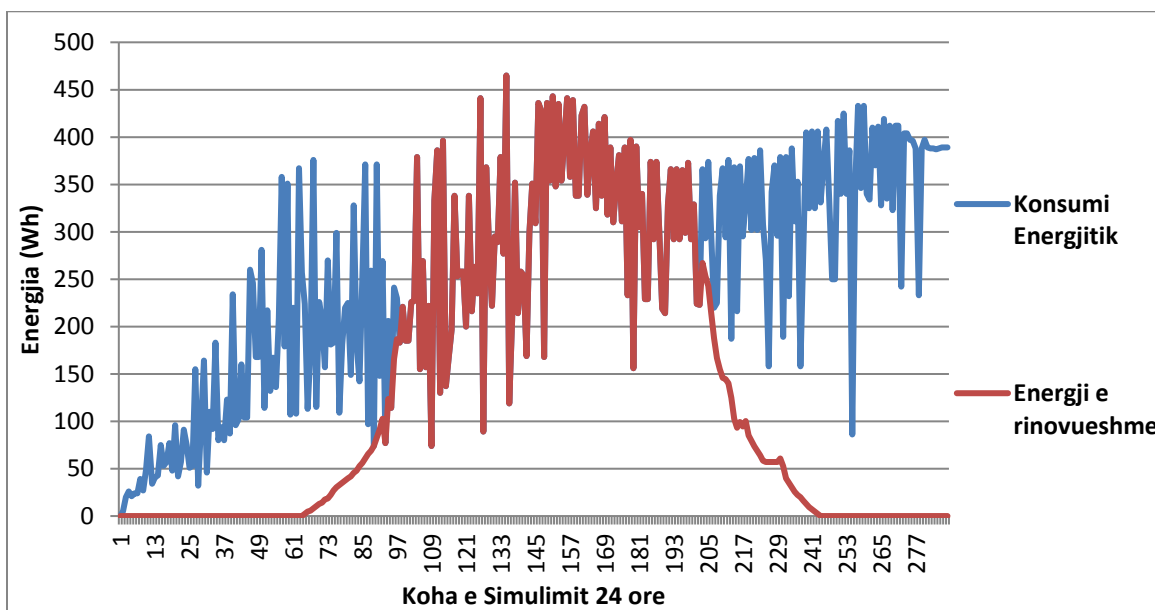


Figura 6.6: Konsumi energjistik krahasuar me energjinë e rinovueshme përdorur nga Datacenter gjatë 24 orëve të simulimit në CloudSim

Figura 6.6 ilustron konsumin energjistik, paraqitur me ngjyrë blu, dhe energjinë e rinovueshme, me ngjyrë të kuqe, të përdorur nga Datacenter përgjatë 24 orëve të simulimit në CloudSim. Boshti horizontal është paraqitur në minuta, që marrin vlera nga 0 në 288, duke shprehur gjendjen energjitike për çdo interval 5 minutësh që përbën 24 orët e simulimit. Boshti vertikal paraqet energjinë në Wh. Totali i shpenzuar është 120

kWh kundrejt 90kWh përdorim të energjisë së rinovueshme. Kjo figurë është e ndërlidhur me Figurën 6.7, e cila paraqet konsumin në Wh të energjisë së marrë nga rrjeti, me ngjyrë blu, dhe me ngjyrë të kuqe përdorimin e baterive. Vihet re se përdorimi i baterive është rrjedhojë e teknikës “power capping” të algoritmit të aplikuar mbi energjinë që mund të merret nga rrjeti elektrik, pasi bateria është përdorur vetëm atje ku, mund të dallohet edhe grafiksht, energjia e rrjetit ka një kufi të sipërm (ndërprerje të përdorimit të saj). Konkretisht, kur sasia e marrë nga energjia e rrjetit i kalon 250W, bateria përdoret deri në vlerën maksimale prej 119W.

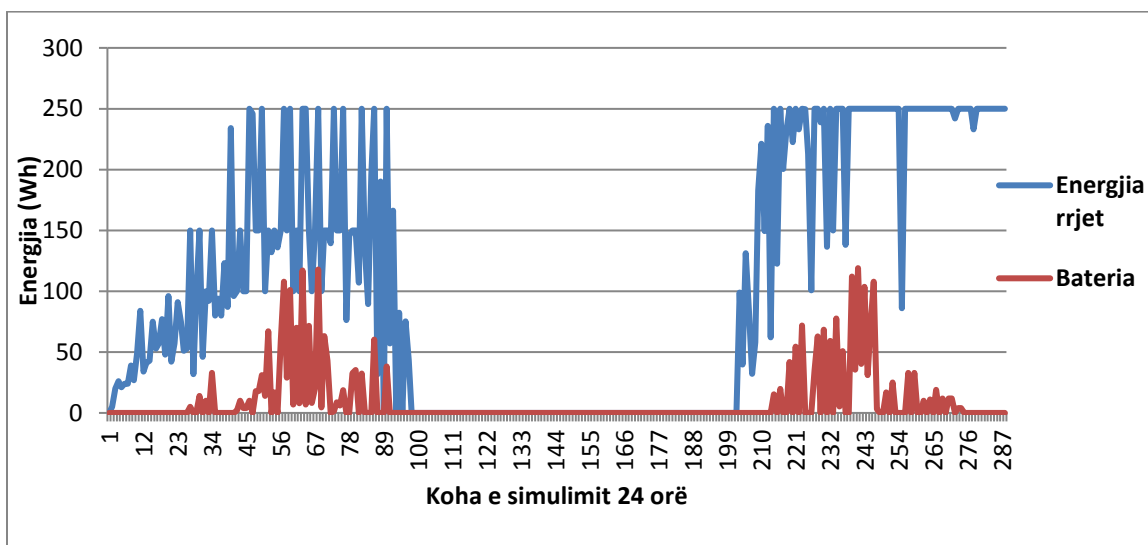


Figura 6.7: Energjia e marrë nga rrjeti elektrik, paraqitur me blu, ku është aplikuar kufizimi dinamik i fuqisë, kundrejt konsumit energjitik të baterive, paraqitur me të kuqe, gjatë 24 orëve të simulimit në CloudSim

Tabela 7: Vlera dhe përqindja e përdorimit të burimeve energjitike sipas skemës 3

	Energjia nga rrjeti elektrik	Energjia e rinovueshme	Bateria
Vlera (kWh)	25	90	5
Përqindja	20%	75%	5%

Tabela 7 paraqet shpërndarjen e vlerave energjitike të marra nga secili burim si rezultat i aplikimit të skemës së re.

Skenari 2

Skenari 2 kërkon të krahasojë 3 skemat e përdorura për skedulimin e burimeve energjitike në lidhje me sasinë e përdorur të energjisë nga rrjeti elektrik. Ky skenar kërkon të vëre në dukje reduktimin e ndjeshëm të konsumit energjistik duke krahasuar energjinë e marrë nga rrjeti elektrik tradicional në Datacenters e sotme të implementuara realisht dhe energjinë e marrë nga rrjeti sipas skemës së re propozuar në këtë punim, për të furnizuar sipas kërkesës së Datacenter për energji. Skema 2 e ka mënjanuar plotësisht energjinë e rrjetit elektrik, pra vlera e përdorur është 0.

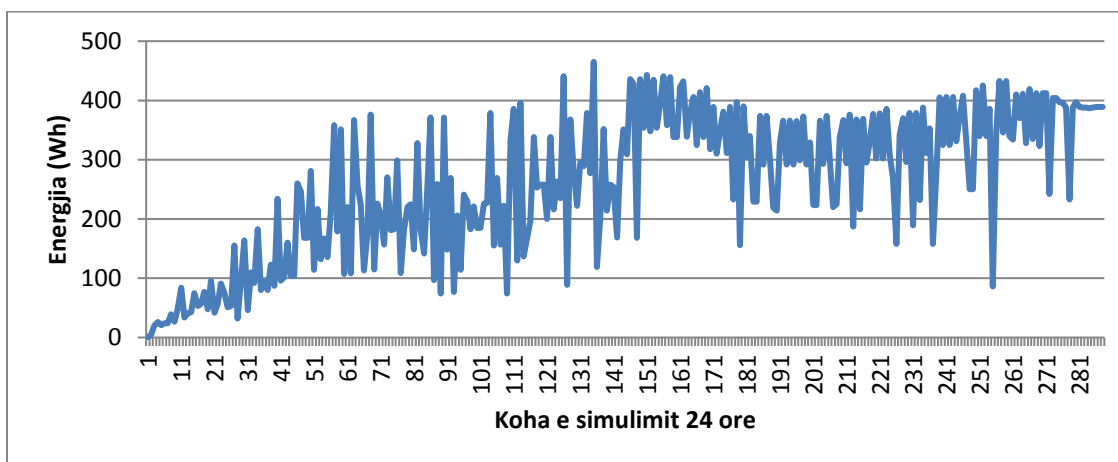


Figura 6.8: Konsumi energjistik i Datacenter me 100 servera

Në Figurën 6.8 paraqitet konsumi energjistik i Datacenter, i cili në skemën 1 mbulohet 100% nga energjia e rrjetit elektrik, pra grafi i energjisë së marrë nga rrjeti është identikisht i njëjtë.

Ndërkohë Figura 6.9 ilustron krahasimin mes skemës 1 ku energjia merret 100% nga rrjeti elektrik me skemën 3 propozuar në këtë disertacion. Rezultatet tregojnë një reduktim të përdorimit të energjisë së rrjetit elektrik nga Datacenter në skemën 3, specifikisht me një vlerë prej 95 kWh e shprehur në përqindje në një reduktim prej 80%. Skema 2, implementimi në laboratore të kërkimit shkencor, ku bateria ka prioritet të dytë dhe energjia e rrjetit tentohet të jetë 0, rezulton jo realiste për kushtet aktuale të përdorimit në masë, thuhet 100%, të energjisë nga rrjeti elektrik.

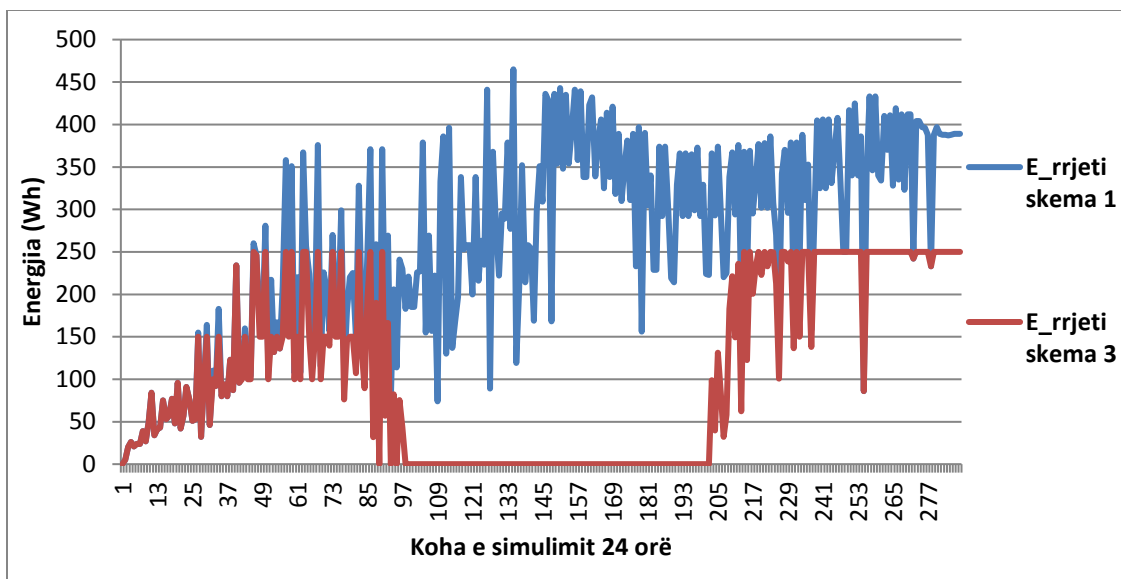


Figura 6.9: Krahasim i energjisë së marrë nga rrjeti elektrik në skemën 1 dhe 3

Tabela 8: Vlera dhe përqindja e përdorimit të energjisë së rrjetit elektrik sipas 3 skemave eksperimentale të ilustruar numerikisht

Energjia e marrë nga rrjeti elektrik	Implementimet e sotme reale	Laboratore kërkimi shkencor	Skema e re e propozuar
Vlera	120 kWh	0	25 kWh
Përqindje	100%	0	20%

Skenari 3

Skenari 3 ka si qëllim të krahasojë 3 skemat e skedulimit të burimeve energjitike në aspektin e përdorimit të energjisë së rinovueshme. Skema 1 nuk e përdor energjinë e rinovueshme ndaj vlera e përdorur konsiderohet 0. Skema 2 dhe 3 përdorin të njëjtën sasi të energjisë së rinovueshme e cila përcaktohet nga politikat e Datacenter për furnizim me energji të rinovueshme. Rezultatet e përmbledhura për krahasimin mes 3 skemave paraqiten në Tabelën 9. Normalisht, kemi një rritje të përdorimit të energjisë së

rinovueshme nga Datacenter në skemat 2 dhe 3 kundrejt skemës 1, specifikisht me një vlerë prej 75%.

Tabela 9: Vlera dhe përqindja e përdorimit të energjisë së rinovueshme sipas 3 skemave të skedulimit të burimeve energjitike

Energjia e rinovueshme	Implementimet e sotme reale	Laboratore kërkimi shkencor	Skema e re e propozuar
Vlera	0	90 kWh	90 kWh
Përqindje	0%	75 %	75%

Skenari 4

Skenari 4 ka si qëllim të krahasojë 3 skemat e skedulimit të burimeve energjitike në aspektin e përdorimit të energjisë së marrë nga bateritë. Skema 1 nuk e përdor baterinë si mjet ushqimi të Datacenter, por vetëm për backup në raste të ndërprerjes së energjisë elektrike, ndaj vlera e përdorur konsiderohet 0. Skema 2 dhe 3 krahasohen lidhur me sasinë e përdorimit të energjisë së baterive dhe rezultatet paraqiten në grafikun e ilustruar në vlera numerike në Tabelën 10. Referencat me të cilët janë krahasuar rezultatet janë punimet [36, 76]. Rezultatet tregojnë një reduktim të përdorimit të energjisë së baterive nga Datacenter në skemën 3 kundrejt skemës 2, specifikisht me një vlerë deri në 25 kWh e shprehur në përqindje në një reduktim maksimal prej 20%.

Tabela 10: Vlera dhe përqindja e përdorimit të energjisë prej baterive sipas 3 skemave të skedulimit të burimeve energjitike

Energjia e baterive	Implementimet e sotme reale	Laboratore kërkimi shkencor	Skema e re e propozuar
Vlera	0	10-30 kWh	5 kWh
Përqindje	0%	25%	5%

6.3 Përmbledhje

Në këtë kapitull u përshkruan eksperimentet e zhvilluara për testimin e 2 algoritmave të propozuar në këtë disertacion: algoritmi i skedulimit të punëve dhe algoritmi i skedulimit të burimeve energjitike.

Eksperimentet janë zhvilluar në ambjentin e simulatorit CloudSim, ku ngarkesa e punës dhe parametrat e Datacenter janë përcaktuar sipas specifikimeve përshkruar në kapitullin 4. Rrjedha e kryerjes së eksperimenteve përshkruhet në krye të këtij kapitulli.

Eksperimentet që synojnë testimin e algoritmit të skedulimit të punëve përshkruhen në paragrafin 6.1. Skenarët eksperimentalë synojnë të nxjerrin në pah realizimin e shtyrjes së punëve jo urgjente bazuar në parashikimin e energjisë së rinovueshme, si dhe ndikimin e këtij skedulimi të kryer mbi punët në rritjen e përdorimit të energjisë së rinovueshme të disponueshme. Thënë ndryshe, vlerësohet reduktimi i shpërdorimit të saj.

Për të nxjerrë në pah vlerat e algoritmit, ky skenar eksperimental testohet me energji të rinovueshme input si më poshtë: energji diellore në një ditë të kthjellët vere, ditë të vranët vere, dhe energji e erës . Gjithashtu, duke marrë si input një ngarkesë të ndryshme pune, e cila nuk është e njëtrajtshme por ka 2 flukse kryesore, vlerësohet optimizimi i ofruar nga algoritmi. Rezultatet tregojnë një rritje të përdorimit të energjisë së rinovueshme nga 11% në 21%.

Eksperimentet që synojnë testimin e algoritmit të skedulimit të burimeve energjitike përshkruhen në paragrafin 6.2. Në total, zhvillohen 4 skenarë eksperimentalë. Skenari 1 ilustron dhe teston skemën e propozuar të përdorimit të burimeve. Ndërsa skenarët 2, 3 dhe 4 krahasojnë 3 skemat e implementimit të skedulimit të burimeve, implementime reale, laboratorike, dhe propozimi i ri, për 3 tipet e burimeve. Skenarët 2, 3 dhe 4 paraqiten në formë përmbledhëse për të treguar më qartë diferencat mes tyre dhe për të nxjerrë në pah përmirësimin e siguar nga algoritmi i ri.

Tabela 11: Përqindja e përdorimit të 3 burimeve energjitike sipas 3 skemave të skedulimit të tyre

	Skenari real	Skenari laboratorik	Skenari i algoritmit të ri
Energjia e rinovueshme	0 %	75%	75%
Energjia e rrjetit elektrik	100%	0 %	20%
Bateria	0%	25%	5%

KAPITULLI 7

PËRFUNDIMET

Në këtë disertacion është trajtuar problemi i konsumit tejet të lartë energjistik në qendrat e sotme të të dhënave (Datacenters), të cilat përbëjnë tendencën më të fundit dhe popullore në tregun e teknologjisë së informacionit për ruajtjen dhe përpunimin e të dhënave. Në këtë punim është bërë një përmbledhje dhe analizë e thelluar e literaturës lidhur me fushën e efijencës energjitike në Datacenter. Është kryer një analizë e problemeve që lidhen me teknikat e menaxhimit të fuqisë, hapësirat për zgjidhje, integrimin e energjisë së rinovueshme si një nga tendencat më të fundit për optimizimin e energjisë dhe problematikat ende të hapura. Më tej, punimi vazhdon me kontributin e bashkërendimit të dy algoritmave të skedulimit, njëra e fokusuar në një menaxhim dhe planifikim të ngarkesës së punëve që kërkojnë të ekzekutohen në Datacenter, me qëllim që ekzekutimi i tyre të ndodhë në periudha kohore kur mund të shfrytëzohet energjia e rinovueshme e disponueshme. Algoritmi i dytë synon të skedulojë burimet energjitike të Datacenter sipas një skeme prioriteti e cila i jep përparësi energjisë së rinovueshme, më pas energjisë nga rrjeti elektrik, e më tej baterisë. Në këtë politikë skedulimi është ndërthurur koncepti i kufizimit dinamik të fuqisë i cili bën të mundur vendosjen e një pragu për sasinë që mund të merret nga rrjeti elektrik. Faktori dinamik përcaktohet nga diferenca mes konsumit energjistik (nevoja e Datacenter për energji) dhe energjisë së disponueshme të rinovueshme, për çdo interval kohe të përzgjedhur.

Për implementimin, testimin dhe zhvillimin e eksperimenteve është zgjedhur ambjenti i një simulatori shumë të njohur në fushën e modelimit dhe simulimit të Datacenter dhe shërbimeve cloud, quajtur CloudSim. Vlerësimi i performancës është kryer duke u bazuar në rezultatet e maksimizimit të përdorimit të energjisë së rinovueshme të disponueshme, minimizimi i energjisë së marrë nga rrjeti elektrik dhe një përdorim më efikas i baterive si mjet burimi rezervë.

Si rezultat i testeve të algoritmit të skedulimit të punëve arrihet një rritje e përdorimit të energjisë së disponueshme me 11% për një ditë të qartë, 15% për një ditë

me re dhe 19% nqs është përdorur energji ere. Ndërsa, testimi i algoritmit të skedulimit të burimeve energjitike arrin reduktim deri në 80% të energjisë së rrjetit dhe reduktim prej 20% të baterisë nga skema krahasuese që i përdorin maksimalisht këto dy burime. Rezultatet e arritura tregojnë se skema e propozuar është efikase dhe paraqet mjaft interes në fushën e efijencës energjitike në Datacenter nëpërmjet përdorimit të energjisë së rinovueshme.

Algoritmi i shtyrjes së punëve funksionon në kontekstin e plotësimit të disa kushteve paraprake. Konkretisht, supozohet njohja e ngarkesës së punës që kërkohet të ekzekutohet në Datacenter. Modeli i ngarkesës së punës duhet të jetë i tillë që të përmbajë punë të cilat janë tolerante ndaj vonesave, pra kanë afate të tilla që lejojnë shtyrjen në kohë të kryerjes së punëve. Në të kundërt, algoritmi që maksimizon energjinë e disponueshme të rinovueshme nuk do të mund të gjente aplikim. Një tjetër parakusht që ka të bëjë me rritjen e rendimentit të algoritmit të skedulimit të burimeve energjitike, është që ai të aplikohet mbi një platformë ku më parë është implementuar algoritmi i skedulimit të punëve. Pra, paraprakisht, duhet të jetë maksimizuar sasia e disponueshme e energjisë së rinovueshme në nivelin e menaxhimit të punëve. Për rrjedhojë, algoritmi i skedulimit të burimeve do të mund të përdorte sasinë maksimale të mundshme për alokim ndaj kërkesave të Datacenter-it për energji.

Kufizimet ngelin në faktin se energjia e rinovueshme është shumë e luhatshme, dhe studimi bazohet në ditë tipike, ndërkohë që implementimi real i algoritmit duhet të përshtatet me kombinime të shumëllojshme situatash lidhur me sasinë e energjisë së disponueshme, e ndryshueshme në mënyrë dinamike. Gjithashtu, studimi është i limituar në 24 orë.

7.1 Puna në të ardhmen

Si rezultat i punimit të kësaj teme janë ngritur edhe pyetje dhe çështje të tjera për studim, të cilat konsiderohen si punë për t'u zhvilluar në studime të tjera në të ardhmen. Këto direktiva do të shërbenin edhe për kërkues të tjerë shkencorë që duan të çojnë më tej punimet tashmë të kryera në këtë fushë. Ndër përmirësimet kryesore mund të përmendim:

1. Periudha më të gjata simulimi, duke mbuluar në studim sjelljen e madhësive matëse përgjatë një dritare kohore më shumë se 24 orë, psh. 48 orë, 1 javë, apo krahasimi i dy periudhave të kundërta kohore në aspektin e sigurimit të energjisë së rinovueshme si ditë e vranët dimri me ditë e kthjellët vere, etj. Këto simulime do të ndihmonin për të krijuar një ide edhe më afër realitetit lidhur me arritjet që ofrojnë algoritmat e propozuar në këtë disertacion.
2. Programimi linear është një nga metodat e sugjeruara që mund të përdoret për të implementuar algoritma optimizimi që synojnë utilizim maksimal të energjisë së rinovueshme dhe minimizim të madhësive të tjera.
3. Implementimi në një Datacenter real të algoritmit të skedulimit të punëve dhe më tej aplikimi i skemës së skedulimit të burimeve energjitike. Për këtë do të nevojitej një bashkëpunim më i gjerë tekniko-profesional me Fakultetin e Inxhinierisë Elektrike dhe Fakultetin e Inxhinierisë Mekanike për mbulimin e fushave përkatëse.
4. Gjithashtu, një vlerësim kosto i përdorimit të mjeteve që ofrojnë energji të rinovueshme kundrejt përdorimit të energjisë së rrjetit tradicional parashikohet të punohet në të ardhmen, duke siguruar një pamje më të plotë edhe në aspektin financiar, i lidhur ngushtë me çështjen e konsumit energjistik në Datacenter.

REFERENCAT

- [1] Johan Lilius: “Green Computing”, Raport i Universitetit Abo Akademi, Finlandë, Janar 2012.
- [2] Luiz André Barroso dhe Urs Hölzle: The case for energy-proportional computing. IEEE Computer Society, Dhjetor 2007.
- [3] Asfandyar Qureshi: Power-Demand Routing in Massive Geo-Distributed Systems, Disertacion doktorature pranë Departamentit Inxhinieri Elektronike dhe Shkenca Kompjuterike, Massachusetts Institute of Technology, Shtator 2010
- [4] Peter Xiang Gao, Andrew R. Curtis, Bernard Wong, S. Keshav: It's Not Easy Being Green, SIGCOMM'12, August 13–17, 2012, Helsinki, Finland.
- [5] Jamess Kaplan, William Forrest, Noah Kindler: Revolutionizing data center efficiency, McKinsey & Company Report, Korrik 2008.
- [6] J. Markoff and S. Lohr: Intel's huge bet turns iffy, New York Times Technology Section, 2002, Seksioni 3, Faqe 1, Kolona 2.
- [7] Intel: “Thoughts on Moore's law and Related Topics”, 2015.
- [8] Anton Beloglazov Energy-Efficient Management of Virtual Machines in Data Centers for Cloud Computing, Disertacion doktorature pranë Departamentit “Computing and Information Systems”, Universiteti i Melburn, Shkurt 2003.
- [9] GreenPeace: Make IT Green, Cloud Computing and its contribution to Climate Changing. Raport i organizatës GreenPeace. Mars 2010
- [10] GreenPeace: Clicking Clean: How companies are creating the Green Internet. Raport i organizatës GreenPeace, Prill 2014.
- [11] McAfee International: The Carbon Footprint of Email Spam Report. Raport i Antivirusit McAfee, 2009.
- [12] John Buckley: Ethical and Green. Shkrim editorial në faqen web carbonfootprint.com, Janar 2009.
- [13] Jennifer Namias: The future of electronic waste recycling in the united states: Obstacles and Domestic Solutions, Disertacion doktorature pranë

Departamentit “Earth and Environmental Engineering”, Universiteti i Kolumbisë, Korrik 2013.

[14] Shkrim Wikipedia: Paradoksi Jevons, e disponueshme në web në https://en.wikipedia.org/wiki/Jevons_paradox

[15] Sparsh Mittal: Power Management Techniques for Data Centers: A Survey. Technical Report, 2014. E disponueshme në web nëpërmjet faqes <https://arxiv.org/pdf/1404.6681.pdf>

[16] Planet Nutshell: Climate Science in a Nutshell #5, 2016. E aksesueshme nëpërmjet vimeo.com

[17] Tom Randall: Fossil Fuels Just Lost the Race Against Renewables. Shkrim i aksesueshëm në web <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-04-14/fossil-fuels-just-lost-the-race-against-renewables>

[18] Wiser, R., and G. Barbose, “Renewables Portfolio Standards in the United States — A Status Report with Data Through 2007,” LBNL-154E, 2008.

[19] Bianchini, R, “Leveraging Renewable Energy in Data Centers: Present and Future,” Proc. HPDC’12, San Jose, California, 2012, pp. 135-136.

[20] John Miller, Lori Bird, Jenny Heeter, Bethany Gorham: Renewable Electricity Use by the U.S. Information and Communication Technology (ICT) Industry. Raport i “National Renewable Energy Laboratory”, Korrik 2015.

[21] Green Google Blog: Understanding Our Goal: What it Means to be Powered by 100% Renewable Energy. Shkurt 2016

[22] Mark Bergen: After Gates, Google Splurges on Green With Largest Renewable Energy Buy for Server Farms. Dhjetor 2015

[23] Katherine Noyes: Facebook's next data center to rely only on renewable energy.

[24] Wei Deng, Fangming Liu, Hai Jin, Bo Li, Dan Li: Harnessing Renewable Energy in Cloud Datacenters: Opportunities and Challenges. Botim në revistën IEEE Network, Volumi 28, Nr. 1, Faqe 48 – 55, Janar 2014.

[25] Faqja zyrtare e “Energy Star” <https://www.energystar.gov/about>

[26] United Nations: Kyoto protocol to the united nations framework convention on climate change, 1998. E aksesueshme në web në faqen <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>

[27] The European Parliament and The Council of the European Union: Directive 2002/95/ec of the European Parliament and of the Council on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment . 27 Janar 2003. E disponueshme në faqen web <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32002L0095>

[28] Faqja zyrtare e EPEAT: About EPEAT. E aksesueshme në web përmes <http://www.epeat.net/about-epeat/>

[29] Devendra Singh Kushwaha, Dr. Vikash Kumar Singh: An Eco Friendly Approach for Sustainable Computing. International Journal of Science and Research, Volumi 4, Nr. 5, Maj 2015.

[30] Kathleen M Fiehrer: Climate Savers Computing Initiative, The Green Grid Report . 2010.

[31] GreenPeace: Energy (R)Evolution, GreenPeace Report, 2015.

[32] GreenPeace International: How dirty is your data. GreenPeace Report, Prill 2011.

[33] GreenPeace International : How clean is your cloud. GreenPeace Report, 2012.

[34] Projekti CoolEmAll, 2011 – 2014, i aksesueshem në web përmes faqes <http://tricoryne.man.poznan.pl>.

[35] Projekti NESUS (Network for Sustainable Ultrascale Computing) Work Group 5, i aksesueshëm në web përmes <http://www.nesus.eu/working-group-5>.

[36] Projekti DC4Cities, 2013 – 2016, i aksesueshëm në web përmes faqes <http://www.dc4cities.eu/en/>.

[37] Komisioni European: Energy efficiency targets for 2020 and 2030. E aksesueshme në web përmes <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency>.

[38] United Nations: United Nations Framework Convention on Climate Change, Raport, 1992. E aksesueshme në web përmes <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>.

[39] Association for Computing Machinery (ACM): Computing Classification System, 2012 Revision

[40] Anton Beloglazov, Rajkumar Buyya, Young Choon Lee, and Albert Zomaya: A Taxonomy and Survey of Energy-Efficient Data Centers and Cloud Computing Systems , CLOUDS Laboratory, The University of Melbourne, Australia, 2011.

[41] John R. Savageau: Data Center Consolidation and Cloud Computing: Discussion and Overview , Shtator 2010.

[42] Michael Maurer: Towards Energy-efficient Cloud Computing , VITALAB Distributed Systems Group, 2012.

[43] Monika Malhotra, Shuchi Sharma: A True Green Cloud Data Centers , International Journal of Computing & Business Research, 'I-Society 2012' Proceedings, 2012.

[44] .Rajkumar Buyya: Energy-Efficient Cloud Computing: Opportunities and Challenges , ManjraSoft, 2012.

[45] Alan Roytman, Aman Kansal, Sriram Govindan, Jie Liu, and Suman Nath: Algorithm Design for Performance Aware VM Consolidation, no. MSR-TR-2013-28, 4 Mars 2013

[46] Aman Kansal, Feng Zhao, Shekhar Srikantaiah: Energy Aware Consolidation For Cloud Computing , Microsoft Research, 2012.

[47] Hadi Goudarzi and Massoud Pedram: Energy-Efficient Virtual Machine Replication and Placement, in a Cloud Computing System, 2012.

[48] Pooja. R.Kalange, Prashant Vyankatrao Raut: Green Cloud Computing: Energy Efficiency and Environmental Sustainability , International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Dhjetor 2012

[49] Christina Delimitrou, Sriram Sankar, Aman Kansal, and Christos Kozyrakis: ECHOR creating Network Traffic Maps for Datacenters with Tens of Thousands of Servers, in IEEE International Symposium on Workload Characterization , IEEE, 4 Nentor 2012

[50] Arka Bhattacharya, Aman Kansal, David Culler, Sriram Sankar, and Sriram Govindan: The Need for Speed and Stability in Data Center Power Capping, in Third International Green Computing Conference (IGCC'12), 5 Qershor 2012

[51] Di Wang, Chuangang Ren, Sriram Govindan, Anand Sivasubramaniam, Bhuvan Urgaonkar, Aman Kansal, and Kushagra Vaid: ACE: Abstracting, Characterizing and Exploiting Peaks and Valleys in Datacenter Power Consumption, in ACM SIGMETRICS, ACM, 17 Qershor 2013

[52] Harold Lim, Aman Kansal, and Jie Liu: Power Budgeting for Virtualized Data Centers, in 2011 USENIX Annual Technical Conference (USENIX ATC '11), USENIX, 15 Qershor 2011

[53] Weiwei Xiong and Aman Kansal: Energy Efficient Data Intensive Distributed Computing, in IEEE Data Engineering (Special Issue on Energy Aware Big Data Processing), IEEE Computer Society, 31 Mars 2011

[54] Drazen Lucanin, Michael Maurer, Toni Mastelic, and Ivona Brandic: Energy Efficient Service Delivery in Clouds in Compliance with the Kyoto Protocol , Prill 2012

[55] Anton Beloglazov, Rajkumar Buyya: Energy Efficient Resource Management in Virtualized Cloud Data Centers , 10th IEEE/ACM International Conference on Cluster, Cloud and Grid Computing, 2010.

[56] Dzmitry Kliazovich, Pascal Bouvry, Samee Ullah Khan: Simulating Communication Processes in Energy- Efficient Cloud Computing Systems , 2012 IEEE 1st International Conference on Cloud Networking (CLOUDNET), Invited Paper

[57] Eugen Feller, Matthieu Simonin, Anne-Cécile Orgerie and Christine Morin Snooze: An autonomic and energy-efficient management system for virtualized clusters , Myriads, IRISA, Rennes, France, Janar 2013

[58] Elena Irina Neaga A Digital Infrastructure for Green Utility Computing: The Preliminary Holistic Research Agenda , 3-rd International Conference on Cloud Computing, September 2012

[59] Aman Kansal, Bhuvan Urgaonkar, and Sriram Govindan: Using Dark Fiber to Replace Diesel Generators, in XIV Workshop on Hot Topics in Operating Systems (HotOS), USENIX, 13 May 2013.

[60] Rayman Preet, S. Keshav, Tim Brecht: HITS: An Cloud-based architecture for energy management in the Smart Grid , Information Systems and Science for Energy (ISS4E) Laboratory, Mars 2012.

[61] Aman Kansal: Building a More Efficient Data Center - from Servers to Software, Microsoft Research, 1 Shkurt 2013.

[62] Nitin Singh Chauhan, Ashutosh Saxena: A Green Software Development Life Cycle for Cloud Computing , IEEE Computer Society, Shkurt 2013.

[63] Sriram Govindan, Jie Liu, Aman Kansal, and Anand Sivasubramaniam: Cuanta: Quantifying Effects of Shared On-chip Resource Interference for Consolidated Virtual Machines, in ACM Symposium on Cloud Computing (SOCC), ACM, 27 Tetor 2011.

[64] IBM Deutschland Research & Development GmbH Report: Energy Management in a Cloud Computing Environment - Smarter Data Centers, 2010.

[65] Yoram Heller: Finding Energy Efficiency in the Cloud: Why it Matters, and How to Get There, Janar 2013.

[66] Google Report Google Apps: Energy Efficiency in the Cloud, 2012.

[67] Sonja Klingert, Florian Niedermeier, Corentin Dupont, Giovanni Giuliani, Thomas Schulze, and Hermann de Meer. Renewable Energy-Aware Data Centre Operations for Smart Cities – the DC4Cities Approach, International

Conference on Smart Cities and Green ICT Systems (SMARTGREENS), 2015, Pages 1-9

[68] T. Cioara, I. Anghel, M. Antal, S. Crisan, I. Salomie. Datacenter Optimization Methodology to Maximize the Usage of Locally Produced Renewable Energy, Sustainable Internet and ICT for Sustainability (SustainIT), Pages 1-8, 2015

[69] Inigo Goiri, Kien Le, Thu D. Nguyen, Jordi Guitart, Jordi Torres, Ricardo Bianchini. GreenHadoop: Leveraging Green Energy in Data-Processing Frameworks. In EuroSys'12, 2012

[70] Inigo Goiri, William Katsak, Kien Le, Thu D. Nguyen, Ricardo Bianchini. Parasol and GreenSwitch: Managing Datacenters Powered by Renewable Energy, ASPLOS'13, 2013

[71] Inigo Goiri, Md E. Haque, Kien Le, Ryan Beauchea, Thu D. Nguyen, Jordi Guitart, Jordi Torres, Ricardo Bianchini. Matching renewable energy supply and demand in green datacenters. Ad Hoc Networks Journal, Vol. 25, Page 520 – 534, 2015

[72] Yanwei Zhang , Yefu Wang, and Xiaorui Wang. GreenWare: Greening Cloud-Scale Data Centers to Maximize the Use of Renewable Energy. IFIP International Federation for Information Processing, pp 143-164, 2011

[73] Raymond Carroll, Sasitharan Balasubramaniam, Dmitri Botvich, William Donnelly. Application of Genetic Algorithm to Maximise Clean Energy usage for Data Centres. Volume 87 of the series Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, Pages 565-580, 2012.

[74] William Hayles: How Follow-The-Sun Strategy Helps Increase Cloud Efficiency. Shkurt 2016. E aksesueshme në web përmes faqes <https://blog.outscale.com/us/how-a-follow-the-sun-strategy-can-help-increase-enterprise-cloud-efficiency>

[75] Navin Sharma, Sean Barker, David Irwin, Prashant Shenoy: Blink: Managing Server Clusters on Intermittent Power. Proceedings of the sixteenth international conference on Architectural support for programming languages and operating systems, Page 185-198, 2011.

[76] Martin Arlitt et al. : Towards the Design and Operation of Net-Zero Energy Data Centers. Publikuar në revistën ITherm, 2012.

[77] Michael Brown, Jose Renau: ReRack: Power Simulation for Data Centers with Renewable Energy Generation. In Workshop of GreenMetrics, 2011.

[78] Baris Aksanli, Jagannathan Venkatesh, Liuyi Zhang, Tajan Rosing: Utilizing Green Energy Prediction to Schedule Mixed Batch and Service Jobs in Data Centers. Proceedings of the 4th Workshop on Power-Aware Computing and Systems, HotPower 2011.

[79] Z.Liu,M.Lin,A.Wierman,S.H.Low,L.L.Andrew,Geographical load balancing with renewables, SIGMETRICS Perform. Eval. Rev. 39 (3) (2011) 62–66. doi:10.1145/2160803.2160862.

[80] C. Li and A. Qouneh and T. Li: iSwitch: Coordinating and optimizing renewable energy powered server clusters, 39th Annual International Symposium on Computer Architecture (ISCA), Page 512-523, 2012.

[81] Wang, Di and Ren, Chuangang and Sivasubramaniam, Anand and Urgaonkar, Bhuvan and Fathy, Hosam: Energy Storage in Datacenters: What, Where, and How Much? SIGMETRICS, 2012.

[82] Govindan, Sriram and Sivasubramaniam, Anand and Urgaonkar, Bhuvan: Benefits and Limitations of Tapping into Stored Energy for Datacenters, Proceedings of the 38th Annual International Symposium on Computer Architecture ISCA11', 2011

[83] Urgaonkar, Rahul and Urgaonkar, Bhuvan and Neely, Michael J. and Sivasubramaniam, Anand: Optimal Power Cost Management Using Stored Energy in Data Centers, Proceedings of the ACM SIGMETRICS Joint

International Conference on Measurement and Modeling of Computer System, 2011.

[84] Cha, M., Kwak, H., Rodriguez, P., Ahn, Y.Y., Moon, S.: I tube, you tube, everybody tubes: analyzing the world's largest user generated content video system. In: Proceedings of the 7th ACM SIGCOMM conference on Internet measurement. IMC '07, pp. 1–14. ACM, New York, NY, USA, 2007.

[85] Shuja, J., Madani, S.A., Bilal, K., Hayat, K., Khan, S.U., Sarwar, S.: Energy-efficient data centers. *Computing* 94(12), 973–994, 2012.

[86] Meisner, D., Sadler, C.M., Barroso, L.A., Weber, W.D., Wenisch, T.F.: Power management of online data-intensive services. In: Computer Architecture (ISCA), 2011 38th Annual International Symposium on, pp. 319–330. IEEE, 2011.

[87] Wang, L., Tao, J., Ranjan, R., Marten, H., Streit, A., Chen, J., Chen, D.: G-hadoop: Mapreduce across distributed data centers for dataintensive computing. *Future Gener.Comput. Syst.* 29(3), 739–750, 2013.

[88] Wang, L., Tao, J., Marten, H., Streit, A., Khan, S.U., Kolodziej, J., Chen, D.: Mapreduce across distributed clusters for data-intensive applications. In: Parallel and Distributed processing Symposium Workshops & PhD Forum (IPDPSW), 2012 IEEE 26th International, pp. 2004–2011. IEEE (2012).

[89] Zitao Liu and Sangyeun Cho, Characterizing Machines and Workloads on a Google Cluster, 2013

[90] F. Gbaguidi, S. Boumerdassi, E. Renault, E. Ezin, Characterizing servers workload in Cloud Datacenters, IEEE2015

[91] M. Alam, K. Shakil, Sh. Sethi, Analysis and Clustering of Workload in Google Cluster Trace based on Resource Usage, 2015

[92] Ch. Reiss (UC Berkeley), A. Tumanov (CMU), G. R. Ganger (CMU), R. H. Katz (UC Berkeley), M. A. Kozuch (Intel Labs), Towards understanding heterogeneous clouds at scale: Googletrace analysis, 2012

[93] Hao Chen, Can Hankendi, Michael C. Caramanis, Ayse K. Coskun: Dynamic Server Power Capping for Enabling Data Center Participation in Power Markets, Proceedings of the International Conference on Computer-Aided Design, Page 122-129, 2013.

[94] H. David, E. Gorbato, U. R. Hanebutte, R. Khanna and C. Le. RAPL: Memory Power Estimation and Capping. International symposium on Low power electronics and design (ISLPED), pages 189–194, 2010

[95] A. Gandhi, R. Das, J. Kephart, M. Harchol-Balter, and C. Lefurgy. Power Capping Via Forced Idleness. In Proceedings of Workshop on EnergyEfficient Design, 2009.

[96] R. Cochran, C. Hankendi, A. Coskun, and S. Reda. Pack & Cap: Adaptive DVFS and Thread Packing Under Power Caps. In ACM/IEEE International Symposium on Microarchitecture, 2011.

[97] K. K. Rangan, G.-Y. Wei, and D. Brooks. Thread Motion: Fine-grained Power Management for Multi-core Systems. In International Symposium on Computer Architecture, pages 302–313, 2009

[98] K. Ma and X. R. Wang. PGCapping: Exploiting Power Gating for Power Capping and Core Lifetime Balancing in CPMF. Proceedings of the 21st international conference on Parallel architectures and compilation techniques (PACT), ACM, 13-22, 2012

[99] S. Reda, R. Cochran, and A. K. Coskun. Adaptive Power Capping for Servers With Multi-threaded Workloads. IEEE Micro, page 64-75, 2012.

[100] R. Nathuji and K. Schwan. VPM Tokens: Virtual Machine-aware Power Budgeting in Datacenters. International symposium on High Performance Distributed Computing (HPDC), page 119-128, 2008

[101] Fatjon Tugu: Renewable Energies in Albania. Greening the energy community Workshop, Vienë, Prill 2009.

[102] Renewable Energy Resources and Energy Efficiency in Albania

[103] Ministry of Energy and Industry: Renewable energy resources and energy efficiency. 2011. E aksesueshme në faqen web http://www.energija.gov.al/files/userfiles/Strategjike/Broshura_Energjite_e_Rinoveshme.pdf

[104] Agjensia Kombëtare e Burimeve Natyrore. Energjia e erës. 2011. E aksesueshme në web online at www.akbn.gov.al

[105] A. Maraj A. Londo, C. Firat, A. Dorri, M. Alcani. 2014. Energy investigation of the flat plate solar collector during its daily operation in clear days of summer and winter. In Journal of Natural and Technical Sciences, Vol XIX (1), Academy of Sciences, Albania.

[106] Enida Sheme, Simon Holmbacka, Sebastien Lafond, Drazen Lucanin, Neki Frasheri: Datacenters Powered by Renewable Energy: A Case Study for 60 Degrees Latitude North, SoftCom 2016, Kroaci.

[107] Enida Sheme, Neki Frasheri: Using Renewable Energy to Supply Datacenters: Case Study For Albania. In Journal of Natural and Technical Sciences, Academy of Sciences, ISSN:2489-0484 , Volumi XXI (1) 2016, Albania.

[108] Rodrigo N. Calheiros, Rajiv Ranjan, Anton Beloglazov, César A. F. De Rose, Rajkumar Buyya. CloudSim: a toolkit for modeling and simulation of cloud computing environments and evaluation of resource provisioning algorithms. Published in Journal of Software – Practice and Experience, Vol. 41, Issue 1, New York, USA, January 2011